

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS



TESIS DOCTORAL

**Inventario y propuesta de puesta en valor del patrimonio geológico-
minero de las minas del Macizo Central de los Picos de Europa
(Cantabria)**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Rafael Jordá Bordehore

Directores

Juan José Durán Valsero
Graciela N. Sarmiento Chiesa

Madrid, 2016



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Facultad de Ciencias Geológicas

TESIS DOCTORAL

Inventario y propuesta de puesta en valor del patrimonio geológico-minero
de las minas del Macizo Central de los Picos de Europa (Cantabria)

Rafael Jordá Bordehore

Directores:

Dr. Juan José Durán Valsero

Dra. Graciela N. Sarmiento Chiesa

Madrid, octubre de 2015



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Facultad de Ciencias Geológicas

TESIS DOCTORAL

Inventario y propuesta de puesta en valor del patrimonio geológico-minero
de las minas del Macizo Central de los Picos de Europa (Cantabria)

Rafael Jordá Bordehore

Directores:

Dr. Juan José Durán Valsero

Dra. Graciela N. Sarmiento Chiesa

Madrid, octubre de 2015

Cita recomendada de esta tesis doctoral:

JORDÁ, R. 2015. *Inventario y propuesta de puesta en valor del patrimonio geológico-minero de las minas del Macizo Central de los Picos de Europa (Cantabria)*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 521 pp.

PREFACIO

Cuando visité las minas de Áliva por primera vez, tenía apenas 13 años. Por esa época ya llevaba varios años como aficionado a la mineralogía, gracias a que mi padre me inscribió con sólo 9, en la Sociedad Española de Mineralogía y más tarde en el Grupo Mineralogista de Madrid (GMM). La actividad que más me interesaba era la recogida de minerales, lo que hacía por toda la geografía española; aún recuerdo lo mucho que me impactó ver los casetones mineros de Las Mánforas, en el corazón de los Picos de Europa, en aquel momento recién abandonados. Sin todavía conocimiento de lo que era el patrimonio geológico o el minero, me pareció sumamente triste que unos edificios, en los que se conservaba todo en perfecto estado, desde el bar con la báscula, a las cocinas, las habitaciones y la sala de estar de los mineros con sus televisores, no se aprovecharan. Con los compañeros del GMM fui en ese viaje y en otros tantos por las minas de España, en una época muy difícil para el oficio minero, y compartí en primera persona el cierre de míticas minas como Riotinto, Linares o Almadén. Es a ellos a los que debo esta afición y mi dedicación a la salvaguarda del patrimonio minero. Ellos son Gonzalo García, Félix Marcos, Carolina Daneyko, Ángel Cutillas y Marisol, Adolfo Zamora y Rosa, Luis Colliga, Manuel Arlandi, Antonino Bueno, Ramón Jiménez y otros muchos compañeros que aún hoy en día mantienen la ilusión por la mineralogía y el patrimonio minero.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas e instituciones a los que debo agradecer su apoyo y ayuda durante todo el período de elaboración de esta tesis.

A la Sociedad Regional Cántabra de Promoción Turística (CANTUR) y especialmente a Itziar Azcona por su apoyo en el Hotel-Refugio de Áliva y su iniciativa para divulgar el patrimonio de Áliva.

A Rodrigo Suárez Robledano, Co-Director del Parque Nacional de los Picos de Europa por la información aportada y el interés mostrado por esta investigación, algo apartada de las líneas habituales de los estudios realizados en el Parque.

A Alfonso García y Pedro Garrido de la compañía Asturiana de Zinc S.A. y al Doctor Rubén Pérez por la ayuda en la búsqueda de documentación en los archivos de Arnao y Torrelavega.

Al Doctor Rafael Fernández-Rubio, por su constante apoyo en esta tesis y en mi vida profesional.

A Guillermo Laine, con quien tengo la suerte de seguir coincidiendo en proyectos de puesta en valor del patrimonio minero y que me aportó información sobre el transporte del mineral de las minas de Picos de Europa.

A Fermín Unzué, antiguo director de El Soplao S.L., que siempre estuvo dispuesto a ayudar en mis viajes a Cantabria entre 2009 y 2011.

A los Doctores Cristino Dabrio y Juan de Dios Centeno, de la Universidad Complutense de Madrid, por sus consejos en la divulgación del patrimonio.

Al Doctor Enrique Serrano, de la Universidad de Valladolid, y a los Doctores Juan José González Trueba y Manuel Gómez Lende, de la Universidad de Cantabria, por su aportación en el conocimiento de la geomorfología glacial de Picos de Europa.

A Ralf-Thomas Schmitt, del Museo de Historia Natural de Berlín, David Herd del Museo Nacional de Escocia, Marleen De Ceuvekelaire del Real Instituto Belga de Ciencias Naturales y Monica T. Price, del Museo de Historia Natural de la Universidad de Oxford, por la información y las fotografías aportadas de los ejemplares de esfalerita de Áliva que están en sus respectivos museos.

A los compañeros de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM), la Sociedad Geológica de España (SGE), y en especial a la Dra. Isabel Rábano del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), por su dedicación a la defensa del patrimonio geológico y minero, puesto que sin ellos no habría cabida en la sociedad y en los medios universitarios para una tesis doctoral como ésta.

Al IGME, por prestar sus laboratorios para los ensayos de las muestras del dique de estériles de la mina de Las Mánforas.

Al Doctor Pedro Robledo, de la Unidad Territorial del IGME de Baleares, por sus comentarios y sugerencias.

A las familias Carrero-Cabezas y Saura-Muzquiz por su enorme apoyo y cariño durante la redacción de este documento.

A los compañeros de los numerosos viajes realizados desde el 2008 a Picos de Europa: Ramón Arenas, Carlos Alonso y Ana Hernández. Al grupo espeleológico francés Charentaise por el apoyo y la información aportada.

A mis padres, que han tenido que soportar los innumerables kilos de “piedras” que he almacenado en su casa; hasta el punto de que mi madre, Mercedes, es una compañera más en los viajes minero-mineralógicos.

A la Dra. Graciela Sarmiento, por sus consejos y ánimos durante la Licenciatura en Ciencias Geológicas; por los momentos que compartimos en los proyectos de divulgación de esta

hermosa profesión; y, sobre todo, por aceptar dirigir esta tesis doctoral y, en general, por su amistad.

Al Dr. Juan José Durán, a quien sin conocerle, pedí que dirigiese la tesis y sin dudarlo aceptó; por compartir tantos y buenos momentos subterráneos por la geografía española y por la ayuda prestada durante estos años tanto profesional como sobre todo personalmente.

A mi compañera, esposa y amiga Almudena, que me ha acompañado en varios viajes de la tesis y soporta desde que nos conocimos en el 2006, esta adicción por los huecos mineros y los minerales y, sin cuyo apoyo durante este último año, hubiera sido imposible la redacción de esta memoria, junto con nuestra hija Almudenita, nacida en julio de este año y con quien ha sido un placer terminar de escribir estas líneas.

Y sin duda, he de reconocer públicamente mi agradecimiento personal a mi hermano Luis, compañero infatigable desde la infancia, con quien he recorrido cientos de minas, montañas y decenas de países y con el que comparto no sólo esta afición sino un deseo de seguir trabajando para conseguir que el patrimonio minero sea una parte más del patrimonio cultural y que sirva como fuente de recursos y recuperación de la memoria de un pasado que tanto ha aportado a nuestro país.

RESUMEN

Inventario y propuesta de puesta en valor del patrimonio geológico-minero de las minas del Macizo Central de los Picos de Europa (Cantabria)

La presente tesis doctoral se centra en el estudio del patrimonio geológico-minero del conjunto de labores mineras abandonadas situadas en la vertiente cántabra del Macizo Central de los Picos de Europa, al norte de España. El análisis llevado a cabo abarca desde la recopilación de la información histórica y bibliográfica, hasta el inventario y la valoración de los numerosos vestigios mineros aún presentes en la zona de estudio. Finalmente, se han realizado una serie de propuestas de puesta en valor y gestión del patrimonio minero, con el ánimo y objetivo final de contribuir a su conservación y a la integración socio cultural con el entorno.

El hecho de que el área estudiada se sitúe dentro de un Parque Nacional, confiere a esta investigación, así como a las propuestas que de ella se derivan, unas peculiaridades que pueden no ser aplicables a otras zonas con diferente nivel de protección. No obstante, las metodologías propuestas, tanto en los estudios superficiales como en los subterráneos, así como en el modelo de ficha diseñado para el inventario, y los criterios establecidos para la valoración patrimonial pueden hacerse extensibles a cualquier investigación en otras comarcas mineras abandonadas.

Las minas del Macizo Central de los Picos de Europa han estado en explotación de manera casi ininterrumpida desde 1856 hasta 1989, año en el que se cierra la principal mina, Las Mánforas. El legado de esta actividad es la presencia de numerosos vestigios geológico-mineros, que van desde infraestructuras para el transporte del mineral y para los trabajadores, edificios mineros, explotaciones y escombreras mineras, hasta un rico patrimonio mueble en forma de ejemplares de esfalerita (blenda acaramelada) que se encuentran en las principales colecciones mineralógicas del mundo, tanto privadas como públicas.

De los cuatro sectores investigados, se ha procedido al estudio en detalle en solo tres de ellos, Fuente Dé, Lloroza y Áliva. El cuarto, el sector de Liordes, por su doble condición del

alejamiento de las zonas habituales de tránsito de los visitantes y por no contener elementos patrimoniales ha sido analizado de manera más superficial. En los tres sectores estudiados en detalle, se han reconocido un total de 417 elementos geológico-mineros vinculados a las antiguas labores mineras, y se han explorado 15 recorridos subterráneos, realizándose estudios topográficos y/o geotécnicos en 3 de ellos.

Se han catalogado un total de ocho Puntos de Interés Minero: la parte inferior del antiguo cable de las minas de Fuente Dé; la galería inferior de la mina de Las Gramas, en el sector de Lloroza, que incluye tanto labores mineras como varios soplaos; el Chalet Real de la Real Compañía Asturiana de Minas (actualmente perteneciente a la empresa Asturiana de Zinc, S.A.); el colapso de una dolina por la intersección de una galería minera en las labores Berto; la mina Almanzora, en la que junto a un recorrido de interior de varios cientos de metros puede observarse un pilar en esfalerita cristalina (blenda acaramelada); la mina de Las Mánforas (que actualmente se encuentra con el acceso cerrado); los edificios de viviendas de mineros de la mina Las Mánforas y la planta de tratamiento de dicha mina.

El sector de Áliva es el que presenta mayor número de elementos patrimoniales, puesto que seis de los ocho Puntos de Interés Minero, se localizan en esta zona. De igual manera, este sector en general, alberga un alto valor patrimonial, con numerosos elementos no solo mineros sino geológicos, habiéndose catalogado dentro del mismo tres Lugares de Interés Geológico (LIG's) en el inventario nacional realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) (en base a la ley 42/2007), por lo que puede considerarse, en conjunto, como un Lugar de Interés Geológico-Minero.

Los elementos patrimoniales mineros no cuentan con una protección específica dentro del Parque Nacional. Se propone como una figura de protección más apropiada, la catalogación como Bien de Interés Cultural dentro de la categoría de Monumentos a la estructura del cable de Fuente Dé y la Galería de arrastre de la mina de Las Gramas, así como al sector de Áliva dentro de la categoría de Sitio Histórico.

Se proponen dos rutas geomíneras, una desde la parte superior del cable actual de Fuente Dé hasta el collado de Fuente Escondida (Sector de Lloroza) y otra desde el Hotel-Refugio de Áliva a la mina de Las Mánforas (Sector de Áliva). Ambos itinerarios, asequibles para un público general, muestran tanto elementos mineros como geológicos.

En cuanto a los recorridos de interior se proponen dos galerías, Las Gramas (Sector de Lloroza) y Almanzora (Sector de Áliva), para visitas guiadas y una autoguiada, Vueltona (en el Sector de Lloroza). Las dos primeras deben incluir un cierre de las galerías tanto por motivos de seguridad como para preservar el patrimonio de su interior. Se propone contar a la hora de la capacitación de los guías, tanto para los recorridos de exterior como de interior, con antiguos mineros de la zona.

Para la señalización de las labores mineras se han diseñado unos paneles indicativos para las labores pequeñas y con menor interés, e informativos para las labores mayores, los principales sectores o las rutas geomíneras.

En las zonas con abundante tránsito de visitantes, existe una elevada peligrosidad derivada de la presencia de las labores mineras abandonadas. La gestión de éstas debe contemplar no sólo su lado patrimonial sino también la seguridad, para lo cual, tanto en la fase de inventario como en la de valoración, se ha tenido en cuenta en todo momento dicho aspecto. Se aportan unos criterios de seguridad para las visitas de interior, así como para el cierre de galerías de manera definitiva, estableciéndose un Factor de Seguridad específico para galerías mineras con uso civil en espacios protegidos, en los que no es fácil una supervisión continua de las mismas.

Desde el punto de vista ambiental, el elevado número de elementos mineros puede suponer un impacto, principalmente visual, pero también ambiental, como ocurre en el caso del dique de estériles de la mina de Las Mánforas. Se ha propuesto la retirada y la utilización de algunas escombreras para el relleno de determinados pozos, zanjas y galerías y se ha realizado una propuesta de estudios complementarios con el objetivo de eliminar el impacto de dicho dique.

El resultado final, además de consolidar una metodología de trabajo aplicable a otras zonas, ofrece una vez conocida la situación actual de las labores, una propuesta de un modelo de gestión que aúna la minimización del riesgo para los visitantes y la puesta en valor de aquellos elementos o labores especialmente destacables. Con ello se contribuye a aumentar la oferta turístico-didáctica, manteniendo la memoria histórica de una comarca que en su día exploró, benefició y vivió en gran parte de la minería de plomo-cinc del Macizo Central de los Picos de Europa.

ABSTRACT

Inventory and proposal to revalue the geological-mining heritage of the mines in the Central Massif of the Picos de Europa (Cantabria).

This dissertation focuses on the study of the mining heritage in the whole of abandoned mine workings within the Cantabrian slope of the Central Massif of the Picos de Europa, in the North of Spain. The analysis carried out ranges from historical and bibliographical information collection, to the inventory and evaluation of the numerous mining remains still present in the study area. Finally, a series of proposals for implementation have been on value and management of mining heritage, with the encouragement and ultimate goal of contributing to its conservation and integration socio-cultural environment.

The fact that the studied area is located within a National Park, gives this research, as well as the proposals arising from it, some peculiarities that may not be applicable to other areas with different levels of protection. However, proposed methodologies, both in surface and underground studies, as well as templates designed for the inventory, and the criteria for asset valuation can be made extendable to inquiries undertaken in any abandoned mining districts.

Mines in the Central Massif of the Picos de Europa have been in operation almost continuously from 1856 until 1989, year in which the main mine closes, Las Mánforas. The legacy of this activity is the geological and mining heritage, which include infrastructures for the transport of ore and workers, mining buildings, mining exploitation and mining dumps, to a rich movable heritage in the form of specimens of sphalerite (caramel blende) found in major mineral collections in the world, both private and public.

Of the four investigated sectors, we proceeded to study in detail only three of them, Fuente Dé, Lloroza, and Áliva. The fourth, the sector of Liordes, because of its double condition of remoteness from common areas of transit and for not containing significant mining heritage it has been analyzed more superficially. In the three sectors considered, a total of 417 geological

and mining elements linked to the old mine workings have been recognized, and 15 underground routes have been explored, performing topographic or geotechnical studies in 3 of them.

A total of eight points of mining interest have been cataloged: the lower part of the old mines of Fuente Dé cableway; the lower gallery of the Las Gramas mine, in the sector of Lloroza, including mines and karstic vents (“Soplaos”); the Chalet Real of the Real Compañía Asturiana de Minas (currently belonging to the company Asturiana de Zinc, S.A.); the collapse sinkhole due to the intersection of a mining gallery on the Berto workings; the Almanzora mine adit, several hundred meters length with an ore - pillar made of sphalerite crystal (caramel blende); the mine of Las Mánforas (which currently has closed access); the residential buildings of miners from Las Mánforas mine and the treatment plant of the mine.

Áliva sector is the one with largest number of assets, since six of the eight points of mining interest, are located in this area. This sector has also a high heritage value, with many elements not only mining but geological as well, having been listed within three geosites (LIG’s) in the national inventory carried out by the Institute of Geological and Mining of Spain (IGME) (on the basis of the law 42/2007), by what may be deemed, overall, as a place of mining interest.

The mining assets have no specific protection within the National Park. In this reasearch it is proposed a more appropriate figure for its protection, that is: to cataloge as of Cultural Interest in the category of Monuments: the structure of the Fuente Dé supply cableway, Las Gramas mine adit, and the sector within Áliva in the category of Historical Site.

We propose two geomining routes, one from the top of current Fuente Dé cable up to the knoll of Fuente Escondida (Lloroza sector) and another from the Áliva lodge to Las Mánforas mine (Áliva sector). Both itineraries, accessible for the general public, they show both elements geological and miners.

Regarding the underground routes we propose two galleries, Las Gramas adit (Lloroza sector) and Almanzora (Áliva sector), for guided tours and one autoguided tour, Vueltona (in the Lloroza Sector). The first two must include the closure of the galleries for reasons both of safety and to preserve the heritage of its interior. We propose, for both outside and inside tours to take advantage of old miners for the training of the new guides.

For the signaling of the minning labours, indicative panels have been designed for small mines and less interesting, and informative panels for major mines, the main sectors or the geomining routes.

In areas with abundant transit of visitors, there is a high danger due to the presence of abandoned mining operations. It must be managed not only the heritage boy also the mining riskans security of visitors Provides criteria of security for inside visits, as well as the closure of galleries in a definitive way, establishing a specific safety Factor for mining galleries with civilian use in protected areas, in which a continuous monitoring of them is not easy.

From and environmental point of viwe the high number of mining elements could be considered as both a visual and environmental impact, as it happens in the case of the tailings dam of the Las Mánforas mine. We propose the removal of some mining tailings and to used them to fill certain shafts, trenches and galleries and we have made a proposal for complementary studies with the aim of eliminating the impact of the tailings dam.

The final result, in addition to consolidating a methodology applicable to other areas, offers moreover, knowing the current status of the mine workings, a proposal for a management model that combines minimizing the risk to visitors and the enhancement of those outstanding mining elements. This helps to increase the didactic tourism, keeping the historical memory of a region that once explored, lived and benefited largely from lead-zinc mining in the Central Massif of the Picos de Europa.

ÍNDICE

	Página
PREFACIO	II
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	V
ABSTRACT	IX
ÍNDICE	XIII
INDICE DE FIGURAS	XVIII
INDICE DE TABLAS	XXXIV
1. INTRODUCCIÓN	1
<i>1.1. OBJETIVOS</i>	7
<i>1.2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</i>	8
1.2.1. Campañas de investigación	10
<i>1.3. ESTRUCTURA DE LA TESIS</i>	19
<i>1.4. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE</i>	20
1.4.1. Investigaciones geológico-mineras	21
1.4.2. Valoración y conservación del patrimonio minero	26
2. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO	41
<i>2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO GENERAL DE LOS PICOS DE EUROPA</i>	43
<i>2.2. TECTÓNICA</i>	47
<i>2.3. GEOLOGÍA DEL MACIZO CENTRAL</i>	50
2.3.1. Generalidades	50
2.3.2. Unidades mineralizadas	52
2.3.3. Hidrogeología	56
<i>2.4. GEOMORFOLOGÍA DEL MACIZO CENTRAL</i>	58
2.4.1. De la tectónica a la actividad humana	58
2.4.2. Hidrografía	60
2.4.3. Los fenómenos kársticos	62

2.4.4. El glaciarismo.....	63
2.4.5. Periglaciarismo.....	65
2.5. <i>METALOGENIA DEL MACIZO CENTRAL</i>	68
3. EL PAISAJE MINERO DEL MACIZO CENTRAL.....	73
3.1. <i>HISTORIA DE LA MINERÍA DEL MACIZO CENTRAL</i>	76
3.1.1. Primeros indicios de la actividad minera	76
3.1.2. La minería de cinc y plomo entre 1856 y 1985.....	78
3.1.3. La Real Compañía Asturiana de Minas.....	82
3.1.4. De la esfalerita industrial a la blenda ornamental	85
3.2. <i>MINERÍA Y KARST</i>	88
3.2.1. Los soplaos mineros	89
3.2.2. El soplao de Las Gramas	94
3.2.3. Colapso de dolina, mina Berto	95
3.3. <i>LABOREO Y TRATAMIENTO DEL MINERAL</i>	98
3.3.1. Métodos de laboreo	98
3.3.2. Beneficio y tratamiento de los minerales	103
3.4. <i>IMPACTO EN EL PAISAJE Y LA CULTURA MINERA</i>	107
3.4.1. Los grupos mineros	107
3.4.2. El transporte del mineral	123
3.4.3. Vestigios mineros y turismo de naturaleza.....	127
4. METODOLOGÍA	129
4.1. <i>INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS</i>	135
4.2. <i>TRABAJOS SUBTERRÁNEOS</i>	141
4.2.1. Espeleología de labores mineras	141
4.2.2. Topografía subterránea.....	145
4.2.3. Representación esquemática tridimensional	150
4.2.4. Clasificaciones geomecánicas	150
4.2.5. Diseño empírico de sostenimientos.....	156

4.2.6. Anchura máxima para excavaciones sin sostenimiento	157
4.3.- <i>ANÁLISIS DE LABORATORIO</i>	163
5. CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL PATRIMONIO.....	165
5.1. <i>CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS INVENTARIADOS COMO PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO-MINEROS</i>	170
5.2. <i>VALORACIÓN PATRIMONIAL DE LAS LABORES MINERAS</i>	172
5.3. <i>VALORACIÓN DE LOS RECORRIDOS SUBTERRÁNEOS</i>	175
5.4. <i>VALORACIÓN DE LOS SECTORES DEL ÁREA DE ESTUDIO</i>	177
5.5. <i>VALORACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN DE LOS SECTORES MINEROS</i>	179
6. INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS	181
6.1. <i>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR MINERO DE LIORDES</i>	184
6.2. <i>INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS DEL SECTOR DE FUENTE DÉ</i>	187
6.3. <i>INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS DEL SECTOR DE LLOROZA</i>	191
6.3.1. Grupo minero Las Gramas	191
6.3.2. Grupo minero Altaiz.....	200
6.3.3. Canal de San Luis.....	203
6.4. <i>INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS DEL SECTOR DE ÁLIVA</i>	207
6.4.1. Grupo minero de la Canal del Vidrio	207
6.4.2. Grupo minero de Las Mánforas.....	210
6.4.3. Grupo minero del Duje.....	218
6.4.4. Grupo minero Horcadina de Covarrobres	236
6.4.5. Mina de Marta Navarra	239
6.5. <i>LISTADO DE ELEMENTOS GEOLÓGICOS Y MINEROS DE LAS LABORES MINERAS</i>	241
7. ESTUDIO DE MINAS SUBTERRÁNEAS	247
7.1. <i>EXPLORACIÓN DE LABORES SUBTERRÁNEAS</i>	249
7.1.1. Exploraciones en el sector de Fuente Dé.....	249
7.1.2. Exploraciones en el sector de Lloroza.....	253

7.1.3. Exploraciones en el sector de Áliva	268
7.2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y GEOTÉCNICOS DE MINAS SUBTERRÁNEAS.....	277
7.2.1. Mina de la Vueltona	279
7.2.2. Gramas inferior	281
7.2.3. Mina Almanzora.....	285
7.2.4. Análisis geomecánico global.....	289
8. VALORACIÓN PATRIMONIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	291
8.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS CON VALOR PATRIMONIAL	293
8.1.1. Clasificación de los elementos del sector de fuente de	294
8.1.2. Clasificación de los elementos del sector de Lloroza.....	295
8.1.3. Clasificación de los elementos del sector de Áliva	298
8.2. VALORACIÓN PATRIMONIAL DE LAS LABORES MINERAS DE LOS SECTORES DE LLOROZA Y DE ÁLIVA	305
8.3. VALORACIÓN DE LOS SECTORES DE LLOROZA Y ÁLIVA	312
8.4. PATRIMONIO GEOLÓGICO Y MINERO DE LAS MINAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	318
8.4.1. Puntos de Interés Minero.....	318
8.4.2. Lugares de Interés Minero.....	325
8.4.3. Recorridos subterráneos	327
8.5. SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN DE LAS LABORES MINERAS.....	329
8.6. PELIGROSIDAD DE LOS VESTIGIOS MINEROS.....	331
8.7. POTENCIALIDAD DE USO Y CRITERIOS DE INTERVENCIÓN.....	335
9. PROPUESTAS DE PUESTA EN VALOR	337
9.1. TIPOLOGÍA DE INTERVENCIONES	339
9.1.1. Cierres de minas y restauraciones ambientales	339
9.1.2. Divulgación del patrimonio.....	341
9.1.3. Figuras de protección	346
9.2. INTERVENCIONES EN LAS LABORES MINERAS	350
9.2.1. Zonas con potencialidad turística baja	350

9.2.2. Zonas con potencialidad turística intermedia.....	356
9.2.3. Zonas con potencialidad turística alta	359
9.3. <i>PUNTOS DE INTERÉS MINERO</i>	361
9.3.1. Parte inferior del cable de Fuente Dé (PIM-1)	363
9.3.2. Galería de arrastre de la mina de Las Gramas (PIM-2).....	364
9.3.3. Chalet Real de la Real Compañía Asturiana de Minas (PIM-3).....	365
9.3.4. Colapso de dolina rellena en el pozo p4 de las labores Berto (PIM-4)	366
9.3.5. Mina Almanzora (PIM-5).....	367
9.3.6. Mina de Las Mánforas (PIM-6).....	368
9.3.7. Edificios de viviendas de la mina de Las Mánforas (PIM-7)	369
9.3.8. Planta de tratamiento de la mina de Las Mánforas (PIM-8)	370
9.4. <i>PROPUESTA DE DECLARACIÓN DEL SECTOR DE ÁLIVA COMO LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO-MINERO</i>	371
9.5. <i>PROPUESTAS DE DECLARACIÓN DE BIENES DE INTERÉS CULTURAL</i>	374
9.6. <i>PROPUESTA DE ESTUDIO PARA LA RECUPERACIÓN DEL DIQUE DE ESTÉRILES DE LAS MÁNFORAS</i>	377
9.7. <i>RUTAS GEOMINERAS</i>	381
9.7.1. Minas de Áлива desde el Hotel-Refugio	382
9.7.2. Teleférico de Fuente Dé-Collado de Fuente Escondida	389
9.8. <i>ITINERARIOS SUBTERRÁNEOS</i>	393
10. <i>CONCLUSIONES</i>	395
11. <i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	403
ANEJO 1. <i>FICHAS DE CAMPO</i>	433
ANEJO 2. <i>VALORACIÓN DEL RMR</i>	455
ANEJO 3. <i>VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE Q</i>	467
ANEJO 4. <i>DESCRIPCIÓN Y PLANOS DE LAS INTERVENCIONES</i>	477
ANEJO 5. <i>LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO</i>	504
ANEJO 6. <i>ACTAS DE LABORATORIO</i>	504

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Situación del Parque Nacional de Picos de Europa en la Península Ibérica y detalle del mismo indicando el sector estudiado.	3
Figura 2: Área investigada durante la primera campaña de 2008 (A). Entorno de Áliva y Mina Marta Navarra (base cartográfica de Sigpac).	10
Figura 3: Zonas investigadas durante la primera campaña de 2008. A: campamento en la bocamina de las Mánforas. B: vagonetas en el interior de la galería de acceso principal de Las Mánforas. C: vivienda para mineros en la pared de la Canal del Vidrio. D: exploración de la mina Marta Navarra.	11
Figura 4: Área investigada en la segunda campaña de campo de 2008. A: exploración subterránea en el grupo minero del Duje. B: inventario de la mina Marta Navarra. C: exploración superficial de los sectores mineros de Liordes y Fuente Dé (base cartográfica de Sigpac).	12
Figura 5: Áreas investigadas en la primera campaña de 2009. Inventario de las labores mineras del sector de Áliva (A) y exploración superficial de la zona de la Vueltona (B), (base cartográfica de Sigpac).	13
Figura 6: Inventario de la primera campaña de 2009. A: Chalet Real en la parte superior de las labores Berto. B: exploración subterránea de las labores Inés. C: cocinas dentro de los casetones de Las Mánforas. D: escombreras del grupo minero de Horcadina de Covarrobres... 14	
Figura 7: Área investigada en la segunda campaña de 2009. A: exploración geofísica en la mina de Las Mánforas. B: exploración subterránea de la mina Providencia. C: exploración, inventario, topografía y estudio geotécnico de la Mina Almanzora (grupo minero del Duje). D: inventario de elementos mineros del grupo de Las Gramas (sector de Lloroza) (base cartográfica de Sigpac).	15
Figura 8: Pruebas con los equipos de geofísica en la zona de Las Mánforas. A y B: tomografía eléctrica y georradar en el dique de estériles. C: niveles más metálicos en el dique, posible causa de la escasa penetración de los equipos. D: perfil de tomografía eléctrica sobre la galería de acceso a Las Mánforas.	15
Figura 9: A: exploración subterránea de la parte superior de Las Mánforas (camino a la Canal del Vidrio). B: exploración, inventario, topografía y estudio geotécnico de la Mina Almanzora (grupo minero del Duje). C y D: inventario de elementos mineros del grupo de Las Gramas (sector de Lloroza).	16
Figura 10: A: campamento durante la campaña de campo de 2010. B: Hoyo sin Tierra y Picos Altaiz. C: parte superior de Las Gramas. D: zanja en una labor minera en la Canal de San Luis.	17
Figura 11: Áreas de investigación en el año 2010. A: exploración y topografía de la parte superior de Las Gramas. B: exploración e inventario de la zona de Hoyo sin Tierra, Pico Altaiz y Canal de San Luis, (base cartográfica de Sigpac).	17

Figura 12: Áreas de investigación en el año 2015. A: exploraciones en Horcadina de Covarrobres. B: topografía y estudio geotécnico de galerías en la Vueltona. C: estudio geotécnico de la galería inferior de Las Gramas, D: topografía y estudio geotécnico en labores de Fuente Dé (base cartográfica de Sigpac).....	18
Figura 13: Estudios geotécnicos en galerías en la Vueltona (A) y parte inferior de la mina de Las Gramas, sector Lloroza (B) y Fuente Dé (C).....	18
Figura 14: Casiano de Prado y Vallo. (Tomado de Martínez de Pisón, 1998)	22
Figura 15: Documentos del archivo de AZSA. A: escritura de venta a favor de la R.C.A.M de 1921. B: salarios percibidos por los trabajadores. C: memoria de actividades de 1975 del grupo minero “Áliva y Otras”. D: panorámica de la mina de Las Mánforas.	23
Figura 16: A la izquierda, esquema de Gustavo Schulze de 1907 con la interpretación del klippe de los Cuetos de Juan Toribio. A la derecha, la morrena de Peña Vieja según Hugo Obermaier. Ambos en la zona de Áliva (Fuente: Rodríguez-Fernández, 2012).	24
Figura 17: Lugares de Interés Geomorfológico del Macizo Central de los Picos de Europa. El recuadro rojo marca la superficie del área de estudio de la presente tesis. Los recuadros verdes los Lugares de Interés Geomorfológicos dentro de esta área. Modificado de González-Trueba y Serrano (2008a).....	36
Figura 18: Intervenciones llevadas a cabo por técnicos del Parque Nacional de Picos de Europa en las bocaminas del sector de Áliva	37
Figura 19: Ejemplo de ficha técnica para el inventario de labores mineras llevada a cabo por el Parque Nacional de Picos de Europa.	37
Figura 20: Itinerario a las minas de Las Mánforas dentro del cuaderno de campo del Hotel-Refugio de Áliva	38
Figura 21: Mapa geológico de los Picos de Europa con las principales labores explotadas del área de estudio. Sector de Liordes (1), Fuente Dé (2), grupo minero de Las Gramas (3), grupo minero de Altaiz (4), grupo minero de Las Mánforas (5), grupo minero del Duje (6) y grupo minero de Horcadina de Covarrobres (7). En colores rosados y celestes las unidades carboníferas, superpuestas mediante cabalgamientos (base cartográfica de Rodríguez-Fernández, 2012).....	45
Figura 22: Columna estratigráfica general de los Picos de Europa (Modificado de Rodríguez-Fernández, 2012).....	46
Figura 23: Modelo digital de elevaciones en la ZAOL y ZC y principales estructuras tectónicas alpinas (Alonso <i>et al.</i> , 2007).	49
Figura 24: Columna estratigráfica de la zona minera oriental de Picos de Europa. Las mineralizaciones se encuentran en la Caliza de Montaña, en la Formación Picos de Europa y en la parte inferior de la Formación Lebeña (Gómez <i>et al.</i> , 2000).	52

Figura 25: Aspecto de la mineralización que se concentra en las zonas de fracturas secundarias (relacionadas con la dolomitización) en la Formación Picos de Europa. Encuadre 0,5 x 0,7 m.....	53
Figura 26: Mineralización de esfalerita en la unidad Picos de Europa en la zona del grupo minero de Áliva. Encuadre 0,4 x 0,5 m.....	54
Figura 27: Calizas fosilíferas de la Formación Picos de Europa (con presencia de artejos de crinoideos) en las cercanías de la mina de las Gramas.....	55
Figura 28: Unidades detríticas (Formación Áliva) en las inmediaciones del collado de Horcadina de Covarrobres, en el sector minero de Áliva.....	56
Figura 29: Masa de agua subterránea 016.214 Picos de Europa-Panes (IGME, 1980).....	58
Figura 30: Nacimiento del río Duje, con depósitos de finos provenientes de la balsa o dique de estériles de la mina de Las Mánforas.....	61
Figura 31: Canal del embudo que desciende desde el valle de Liordes a la pradera de Fuente Dé	61
Figura 32: Lapiaz a favor del diaclasado sobre la Formación Picos de Europa en la zona del grupo minero de Áliva.....	62
Figura 33: Cueva Helada de Cabaña Verónica, camino a Horcados Rojos.....	63
Figura 34: Llomba del Toro, morrena glaciaria en el valle del río Duje.	65
Figura 35: A: coladas frontales en la base de la Canal del Vidrio en el grupo minero de Áliva. B: conos de derrubios mixtos y bloques bajo paredes verticales en el ascenso a Horcados Rojos.....	66
Figura 36: Caídas de bloques a favor de zanjas (A) en una zona de intensa meteorización y fracturación del macizo debida a una falla y taludes antrópicos (B) en las minas de Ataiz, en el grupo minero de Las Gramas.....	67
Figura 37: Aspecto de la mineralización en la mina Almanzora que se concentra en las zonas de fracturas secundarias (relacionadas con la dolomitización).	69
Figura 38: Ejemplar de 8 cm de esfalerita de las minas de Áliva. Colección y fotografía: Museo de Historia Natural de Berlín, Inv.-No.: MFN_MIN_1980_0059.....	70
Figura 39: Grupo de mineros abriendo una zanja en la nieve para acceder a los casetones de la mina de Las Mánforas en el año 1957. Fotografía cortesía de Asturiana de Zinc, S.A.....	75
Figura 40: Restos de la “Explosión de Kachinski” en la Canal del Vidrio.....	80
Figura 41: Sondeos de investigación efectuados en los años 70 en la zona de Las Mánforas. En el recuadro pequeño imagen de los huecos de las perforaciones en la base de Juan de la Cuadra en la actualidad (Fotografía cortesía de Asturiana de Zinc, S.A.).	81

Figura 42: Detalle del plano general de la planta de tratamiento de cinc y mina de carbón de Arnao pertenecientes a la Real Compañía Asturiana de Minas (Laine <i>et al.</i> , 2010).	83
Figura 43: Cierre de la bocamina por parte de las autoridades del Parque Nacional de Picos de Europa, de la Mina Las Mánforas en agosto de 2009.	86
Figura 44: Ejemplares y cartel explicativo de las minas de Áliva en el Museo Geominero (IGME) de Madrid.	87
Figura 45: A la izquierda, esfalerita perteneciente al Real Instituto Belga de Ciencias Naturales; a la derecha esfalerita tallada procedente de Áliva, perteneciente a la colección del Instituto Smithsonian (Whashington, EE.UU).	87
Figura 46: A: Pequeño soplao con concreciones en la mina de Las Gramas. B: restos de concreciones carbonáticas y fragmentos de espeleotemas en las escombreras de la mina Inés, grupo minero de Áliva, extraídos durante la época de explotación de las galerías.	88
Figura 47: Trabajos de investigación con georradar en los soplaos de mina Angela en 2010. Fotografía cortesía de Félix Martínez.	91
Figura 48: Extracto del plano de las minas de Udías, del Proyecto Fin de Carrera de Luis del Campo en 1930. En el plano se aprecian tanto un soplao utilizado en las inmediaciones de la galería María como una zona kárstica bajo el segundo nivel.	92
Figura 49: Mineros trabajando en 1901 en las minas de Udías (fuente: Posada la Gándara, Cobijón, Udías).	92
Figura 50: Grupo de mineros posando junto a un conjunto de espeleotemas. Fotografía cortesía de Asturiana de Zinc.	93
Figura 51: Croquis del soplao de las minas de Las Gramas en Picos de Europa según Mazarrasa (1930). Es probablemente uno de los soplaos más importantes del norte de España por los silbidos producidos por la corriente de aire, que se oyen en la galería inferior.. 94	
Figura 52: A: acceso superior a la mina de Las Gramas. B: chimenea kárstica en el interior de una galería de la parte inferior del grupo minero de Las Gramas.	95
Figura 53: A la izquierda, relleno arcilloso laminado en el interior de las galerías Almanzora, en el grupo minero de Áliva. En la imagen de la derecha, canal de bóveda en las minas de S'Argentera, Ibiza. Aún se aprecia el relleno arcilloso que cubría toda la cavidad.....	96
Figura 54: Croquis del proceso de colapso de la galería de mina a su paso por la zona de relleno (Jordá y Jordá, 2011).	97
Figura 55: Colapso de dolina rellena. En la parte inferior derecha se aprecian las paredes de la cavidad natural, con algunos espeleotemas bien desarrollados.	97
Figura 56: Típica labor minera superficial, avanzando mediante el vaciado de la zona mineralizada hacia dentro del macizo rocoso (mina San José, Liordes).	98
Figura 57: A la izquierda, realce minero (mina “Ya Salió”, Fuente Dé). A partir de una galería horizontal se descubre en el interior del macizo una masa mineralizada a techo, se	

mina desde abajo hacia arriba, perforando sobre estemples de madera o bien con camadas de estéril. A la derecha lave de mineral en una zona de baja calidad geomecánica relativa (Altaiz).	100
Figura 58: Esquema idealizado del banqueo de una cámara abierta desde dos niveles, uno en cabeza y otro de base para una masa o filón subvertical (Ramirez Oyanguren <i>et al.</i> , 1991).	102
Figura 59: Restos de la planta de tratamiento de la mina de Las Mánforas.....	105
Figura 60: Dique de estériles de Las Mánforas.....	106
Figura 61: Sectores mineros del área de estudio. Base cartográfica Sigpac.	107
Figura 62: Panorámica de la vega de Liordes con las labores mineras.....	108
Figura 63: Parte inferior del cable de las minas de Fuente Dé.....	110
Figura 64: Grupos mineros del sector de Lloroza. Base cartográfica Sigpac.	111
Figura 65: Acopio de calaminas en el interior de una galería en la mina de Las Gramas. Fotografía cortesía de Bernard Hivert.....	112
Figura 66: Parte superior e inferior de la mina principal de Las Gramas. La escombrera de la zona inferior es una de las más grandes del Macizo Central.....	113
Figura 67: Aspecto de la mineralización en las galerías de la parte superior del grupo minero Altaiz. Filón con grandes cristales de dolomita.	114
Figura 68: A: labores superficiales en la mina San Luis. B: zanjas en los alrededores de la Canal de San Luis.....	114
Figura 69: Grupos mineros del sector de Áliva y las dos construcciones en uso actualmente en el sector: Chalet Real (1) y Hotel-Refugio de Áliva (2). Base cartográfica Sigpac.	115
Figura 70: A: casas de mineros en la parte superior de la Canal. B: acceso a un polvorín en la subida a la Canal del Vidrio.	116
Figura 71: Labores del Grupo Minero del Duje (modificado de Ansart, 1975; Gutiérrez y Luque, 2000).	118
Figura 72: Pilar en esfalerita cristalina dentro de la mina Almanzora.....	119
Figura 73: Panorámica de las labores Berto (A) y Rosario (B).	121
Figura 74: Escombreras a pie de una bocamina del grupo de Horcadina de Covarrobres.....	122
Figura 75: Ubicación de las minas de Marta Navarra.....	122
Figura 76: Buque Reocín de la R.C.A.M. Fotografía publicada en El Oriente de Asturias, número extraordinario de primavera, Llanes, en junio de 1989.....	124

Figura 77: Los casetones de la mina de Las Mánforas, cubiertos completamente de nieve durante el invierno en el último período de explotación de la R.C.A.M. Fotografía cortesía de Asturiana de Zinc, S.A.	125
Figura 78: Caminos excavados en la roca en la subida a Altaiz (izquierda) y a la Canal del Vidrio (derecha).	125
Figura 79: Restos de los cables para descender el mineral en la Canal del Vidrio (izquierda) y Torre de Altaiz (derecha).	126
Figura 80: Camiones pequeños, en la última etapa de la R.C.A.M. A la derecha de la imagen, “Lalo, el Chófer”; junto al camión, con bastón, Luis de María Beares; sobre el camión, de izquierda a derecha: Mino (“Minosallo”), “Fouso”, “Gandoy” y “Cristi” Caldevilla. Fotografía: cortesía de Asturiana de Zinc, S.A.	127
Figura 81: Fichas de inventario. A la izquierda perteneciente al ICOMOS y a la derecha de las Minas de Sierra Morena	132
Figura 82: Modelo de ficha empleada en el inventario de las labores mineras de la Comunidad de Madrid (ETSI Montes, 2006).	133
Figura 83: División del área de estudio en sectores y grupos mineros (base cartográfica de Sigpac).	136
Figura 84: Ejemplos de elementos a inventariar: galería minera en Altaiz (izquierda) y pozo con vallado perimetral en el Duje (derecha).	137
Figura 85: Modelo de ficha utilizada para realizar el inventario.	138
Figura 86: Ficha de campo del inventario: elementos identificativos.	139
Figura 87: Ficha de campo del inventario: elementos de seguridad.	140
Figura 88: Ficha de campo del inventario: elementos patrimoniales.	141
Figura 89: Preparación del equipo durante las campañas de investigación espeleológica de Las Gramas y Altaiz durante el verano de 2010.	143
Figura 90: Instalando un anclaje durante la exploración de la parte alta de la mina de Las Gramas.	144
Figura 91: Topografiando la mina Almanzora.	145
Figura 92: Esquema comparativo de la técnica de la topografía espeleológica y convencional. (Martinez y Rius, 1992).	146
Figura 93: Esquema del método itinerario (Jordá-Bordehore, 2008).	147
Figura 94: Error angular con brújula. Técnica habitual en espeleología (Jordá-Bordehore, 2008).	148
Figura 95: Valor de declinación magnética en el área de estudio a fecha 25 de marzo de 2015 (http://magnetic-declination.com/): -1°34'W.	149

Figura 96: Esquema tridimensional realizado mediante el programa Visualtopo, versión 4.9, de las galerías de la Mina Almanzora.	150
Figura 97: Gráfico esquemático de un método empírico cualquiera, que delimita las zonas estable e inestable para un par de coordenadas que representan el estado de un hueco subterráneo: tamaño y calidad de la roca. Nótese que a ambos lados de la recta de separación de dominios puede haber puntos anómalos, por ejemplo casos estables que caigan en zona inestable y viceversa (Jordá-Bordehore, en prensa.).	157
Figura 98: Tiempo de estabilidad, según Bieniawski (1989). En abscisas el tiempo máximo (horas) de estabilidad en escala logarítmica; en ordenadas anchura máxima del techo (metros).	158
Figura 99: Ábaco de sostenimiento por índice Q tomado de Grimstad y Barton (1993) actualizado (Barton 2007). La ecuación 2 evita valores negativos no deseados del RMR cuando $Q < 0.01$	159
Figura 100: Vano o ancho de la excavación versus calidad del macizo rocoso (índice Q).	161
Figura 101: Factor de seguridad estimado para excavaciones subterráneas sin sostenimiento, en función del ancho del hueco y la calidad del macizo rocoso, según Q y RMR (Bieniawski 1989, adaptado de Houghton y Stacey, 1980).	162
Figura 102: Situación de los principales elementos del sector minero de Liordes.	184
Figura 103: Los Tornos de Liordes, camino que conduce desde la llanura de Fuente Dé a la Vega de Liordes.	185
Figura 104: Trabajos de menor entidad, en la falla de Liordes a la altura del collado (A) y en la parte baja hacia la vega (B). Edificaciones, casetón de Liordes (C) y construcción en la zona de tratamiento del mineral (D).	186
Figura 105: Mina San José. A la izquierda galería de arrastre con el pico de la Padiorna al fondo. A la derecha arriba, acceso a las labores y abajo, acopios de mineral en la zona de tratamiento.	187
Figura 106: Labores mineras situadas en la pared del circo de Fuente Dé, en la vertical de la bifurcación de los caminos que conducen a Liordes y a la mina principal de Fuente Dé.	188
Figura 107: Elementos mineros de la mina Ya Salió. A: parte inferior del cable (ED1). B: viviendas de los mineros (ED2). C: acceso a las minas por la galería G3. D: parte superior del cable (ED4) y edificación ED3.	190
Figura 108: Situación de los restos mineros en el sector de Fuente Dé.	191
Figura 109: A: galería G1 en la Vueltona; B: camino y escombreras en Las Gramas inferior; C: galería G5.	194
Figura 110: Camino C2 en la parte superior de Las Gramas (A). Pozo P8 (B) y pozos contiguos (C y D) con los restos de la estructura de un torno (P10), ambos en la parte superior.	193

Figura 111: Situación de los restos mineros en la zona de la Vueltona.....	195
Figura 112: Situación de los restos mineros en la parte superior de Las Gramas.....	195
Figura 113: Situación de los restos mineros en la parte inferior de Las Gramas.....	194
Figura 114: Labores de Hoyo sin Tierra: A: planta de tratamiento en el collado de Fuente Escondida. B: panorámica de Hoyo sin Tierra con las labores a la derecha. C: escombreras. D: sala en el interior de la galería G2, que conecta con los pozos P2 y P3.....	198
Figura 115: Situación de los restos mineros en Hoyo sin Tierra.	198
Figura 116: Restos de una construcción en la parte superior de P10 y P11, en el camino de subida a Altaiz, posiblemente vinculado al cable de esta última mina.	199
Figura 117: Zanjas en la parte alta del pico de Altaiz, a la izquierda Z1 y a la derecha Z2. ...	200
Figura 118: A y B: camino de acceso a las labores desde el collado de Fuente Escondida. C y D: camino en la parte superior y cable en la cumbre.....	201
Figura 119: A la izquierda galería G2 en la que no se aprecia entibación ni signos de inestabilidad. A la derecha filón con calcitas espáticas en la galería G4.	201
Figura 120: Situación de los restos mineros del grupo minero Altaiz.	202
Figura 121: Galería y escombreras de la mina San Luis.....	203
Figura 122: Situación de los restos mineros de la mina San Luis.....	204
Figura 123: Zanja y galería principal de las labores situadas en la parte baja de la Canal de San Luis, frente a Las Gramas.	205
Figura 124: Situación de los restos mineros de la parte baja de la Canal de San Luis.	206
Figura 125: Ascenso por la Canal del Vidrio. Al fondo, las labores mineras.....	207
Figura 126: Polvorín en la base de la Canal del Vidrio (izquierda) y casetón para vivienda de los mineros (derecha).	208
Figura 127: Parte superior (izquierda) e inferior (derecha) del cable que servía para transportar el mineral de la parte superior de la Canal del Vidrio a la mina de Las Mánforas.	208
Figura 128: Situación de los elementos mineros en la Canal del Vidrio.	209
Figura 129: Afloramiento y filón en el emboquille de la galería G9 de la Mina Providencia.	210
Figura 130: Situación de los restos mineros inventariados en la mina Providencia.	212
Figura 131: A la izquierda, nave auxiliar; a la derecha, acceso a la mina de Las Mánforas, en mayo de 2008, previo al cierre definitivo.....	213
Figura 132: Dependencias, vestuarios y habitaciones de los mineros de la mina de Las Mánforas en mayo de 2008 (ED3): cocina (A), vestuario (B), comedor (C), escalera de subida a las habitaciones (D), habitación (E) y baños (F).....	213

Figura 133: Planta de tratamiento de la mina de Las Mánforas. A la izquierda, el almacén; a la derecha, las celdas de flotación.	214
Figura 134: Sondeos de exploración y panorámica desde la plataforma donde están realizados en la base del Juan de la Cuadra.....	215
Figura 135: A: escombrera en la zona oriental de las labores. B: escombros en la zona de los antiguos talleres mecánicos y oficinas. C: dique de estériles. D: niveles metálicos en el dique de estériles. Mina de Las Mánforas.	216
Figura 136: Situación de los restos mineros inventariados en la mina Las Mánforas.	216
Figura 137: Placa en recuerdo a José Fernández López.	217
Figura 138: A: Labores Bat. B: labores Manolita.	218
Figura 139: Situación de los restos mineros de las labores Zulema-Bat-Manolita.....	219
Figura 140: Medidas de seguridad realizadas correctamente en los pozos de las labores Zulema-Bat-Manolita: A: vallado perimetral. B: reja de seguridad sobre estructura de hormigón. C y D vallados perimetrales.....	220
Figura 141: Medidas de seguridad insuficientes en las labores Zulema-Bat-Manolita. A y B, vallado perimetral incompleto. C y D anclajes con spit en pared para cierre de galería y pozos. Ninguna de las anteriores impide las caídas.	221
Figura 142: Afloramiento de la formación Lebeña (A2), al inicio del camino a las labores Inés.	221
Figura 143: Pozo P15 con basura en su interior y finos depositados aguas debajo del dique de estériles de la mina de Las Mánforas.....	223
Figura 144: Situación de las labores Ambasaguas dentro del valle del río Duje.	224
Figura 145: situación de los restos mineros de las labores Ambasaguas.....	224
Figura 146: Panorámica de las labores Inés.....	225
Figura 147: A: lapiaz en la parte superior de las labores mineras. B: excavación correspondiente a Z1. Labores Inés.....	225
Figura 148: Pozos P1 (izquierda) y P2 (derecha) en las labores Inés.	226
Figura 149: Situación de los restos mineros de las labores Inés.	227
Figura 150: A la izquierda, escombreras de las labores Resalado. A la derecha, cavidades kársticas junto al arroyo (al fondo, el Hotel-Refugio de Áliva).	228
Figura 151: Situación de los restos mineros de las labores Resalado.	229
Figura 152: Panorámicas de las labores Berto y Piemorena desde el camino del Hotel-Refugio al Chalet Real. A la izquierda imagen tomada en 2015 con el vallado de los pozos P1 y P2 sobre la escombrera E4. A la derecha en 2010 antes de la intervención.	230

Figura 153: Situación de los restos mineros de las labores Berto y Piemorena.....	230
Figura 154: Panorámica de las labores Rosario. La flecha indica la situación de la galería G1 y el pozo P1. Las labores Poquito están situadas por detrás de este promontorio calcáreo.	232
Figura 155: Situación de los restos mineros inventariados en las labores Rosario y Poquito (a esta última pertenecen los elementos P6, P7, Z11 y E8).....	233
Figura 156: Labores Poquito, situadas al noroeste de las labores Rosario. Nótese el conjunto zanja y escombrera (extraída del hueco contiguo).	233
Figura 157: Restos de vertidos en el socavón S4 de las labores Rosario.....	235
Figura 158: Chalet Real de la empresa AZSA.....	235
Figura 159: Trabajos mineros en Horcadina de Covarrobres.	237
Figura 160: Situación de los restos mineros en el grupo minero de Horcadina de Covarrobres.	237
Figura 161: Ascenso a la Mina de Marta Navarra (marcada con la elipse naranja).	239
Figura 162: Elementos mineros de Marta Navarra.	240
Figura 163: Morrena glaciar de la Llomba del Toro desde las minas de Marta Navarra.....	240
Figura 164: Galería exploratoria y polvorín /vivienda en la vertical de la bifurcación del camino a Liordes.	250
Figura 165: Parte superior de la mina Ya Salió. Acceso G2 y zona de realces al final de la galería.	251
Figura 166: A: sala principal del primer nivel. B: acceso vallado al segundo nivel. C: rampa del segundo nivel. D: bocamina inundada de la galería de arrastre.	252
Figura 167: Acceso a la mina de la Vueltona. La labor minera se inicia con el beneficio desde el exterior de zonas arriñonadas mineralizadas, progresando hacia el interior únicamente en las partes más ricas.....	253
Figura 168: A: cartel de Coto Nacional de Caza en la galería principal. B: zahorra en los primeros metros de la galería principal. C y D: paso sobre el pocillo donde se inicia la rampa a un nivel inferior.	254
Figura 169: Realces al inicio de la galería.	255
Figura 170: Canastos sobre acopios de calaminas y barrenas almacenadas en el interior de Las Gramas Alta.....	256
Figura 171: Pozo P7. Se conservan los estemples de madera que sujetarían la estructura para izar tanto al personal como el material. En profundidad este pozo conecta con la galería G3.....	257

Figura 172: Croquis del recorrido de interior de la parte superior de Las Gramas en el Macizo de Escondida. Modificado de Hivert (2010). La conexión con P7 es también la unión con el sistema kárstico- sima de Las Gramas que comunica con la plaza inferior principal de la mina.	257
Figura 173: A: vagoneta de mina. B: raíles y tubos para aire comprimido. C: realces. D: plano inclinado. Gramas Alta.	258
Figura 174: Acceso en zanja a la galería G3 de Las Gramas.	259
Figura 175: Recorrido interior de las labores: A: galería principal. B: intersección con la galería lateral. C: galería lateral.	260
Figura 176: Taponamiento debido a un colapso en la galería de arrastre (izquierda). Al otro lado de los bloques una zona inundada de unos 10-20 metros (derecha).	261
Figura 177: A: soplao en la galería de arrastre. B y C: vagonetas en la intersección de las dos galerías y la galería lateral respectivamente.	261
Figura 178: A la izquierda situación de las galerías G1 y G2 de Altaiz (la G1 es la inferior). A la derecha emboquille de la galería G2.	262
Figura 179: Galería principal de la G1 de Altaiz, en la que no se aprecian mineralizaciones significativas.	262
Figura 180: Coladeros colmatados al final de la galería G1 de Altaiz.	263
Figura 181: Acceso a la galería G3 de Altaiz.	264
Figura 182: A: acceso a la galería G4. B: explotación dentro de la galería G4. Nótese la disposición del vaciado con una pendiente casi vertical y al fondo un pilar subhorizontal.	265
Figura 183: Zonas mineralizadas en el interior de la galería G4 de Altaiz; sobre estas zonas de huecos encontramos espeleotemas.	266
Figura 184: Grandes cristales de calcita espática en la galería G4 de Altaiz.	266
Figura 185: A la izquierda zanja de acceso a las labores, a la derecha vista del final de la zanja y de la galería G3 desde el interior de la galería G2.	267
Figura 186: Galería G3. En el hastial derecho se aprecia la mineralización.	267
Figura 187: Acceso a la mina Providencia.	268
Figura 188: Galería principal de la mina de Las Mánforas. A: zona reforzada con hormigón al inicio. C: nivel pizarroso sin sujeción.	269
Figura 189: Cerchas metálicas en la zona del primer pozo.	270
Figura 190: Patrimonio geológico y minero en el primer nivel. A: fistulas en el techo de hormigón de la galería de acceso. B: elevador en el pozo 2. C: vagonetas y tuberías de aire comprimido en las cercanías del pozo 2. D: compuertas para control del sistema de ventilación.	271

Figura 191: A: galería principal de la mina Almanzora. B: galería auxiliar y bocamina G14. C: galería exploratoria.....	272
Figura 192: Imágenes superiores, zona de cámaras y pilares en la galería principal hacia el este.....	272
Figura 193: Vista parcial de un pilar constituido enteramente por esfalerita.....	273
Figura 194: Rampa de acceso al segundo nivel y realces en el mismo.....	273
Figura 195: Galería principal bajo el plano mineralizado. A la derecha escombros colocados a modo de muro, para evitar la extracción del estéril.	274
Figura 196: Frente de explotación al final de la galería principal. De esta zona parten pequeñas galerías que se encuentran colapsadas actualmente.	275
Figura 197: Interior de las labores del collado de Horcadina de Covarrobres.....	275
Figura 198: A la izquierda, galería G2. A la derecha descendiendo por el pozo cubierto de nieve en mayo de 2008.....	276
Figura 199: Planta con la dirección de la galería (N290°E) y alzado con la situación de la estación geomecánica de la galería de la Vueltona.	279
Figura 200: Arriba: estereograma con las familias principales de discontinuidades de la Vueltona. Abajo: estereograma con los polos principales de la Vueltona.	280
Figura 201: Planta de la galería de Gramas inferior.	282
Figura 202: Situación de la estación geomecánica EG#1.	282
Figura 203: Arriba: estereograma con las familias principales de discontinuidades de Las Gramas. Abajo: estereograma con los polos principales de la mina de Las Gramas.	284
Figura 204: Esquema tridimensional mediante visualtopo de las galerías de la Mina Almanzora. Los diferentes accesos están marcados como G14, G15 y G16.	285
Figura 205: Arriba: estereograma con las familias principales de discontinuidades de la mina Almanzora. Abajo: estereograma con los polos principales de la mina Almanzora.	286
Figura 206: Situación de las minas estudiadas en el Macizo Central con respecto a los gráficos de la estabilidad de excavaciones subterráneas sin sostenimiento (modificado de Barton <i>et al.</i> , 1980; Houghton y Stacey, 1980).	290
Figura 207: Distancias al Mirador del Cable y Hotel Refugio de Áliva. El círculo verde tiene un radio de 500 metros, y los círculos amarillos de 2 kilómetros (base cartográfica de Sigpac).....	309
Figura 208: Hotel Refugio de Áliva.....	309
Figura 209: Histograma de frecuencias con las escombreras inventariadas por sectores, indicando aquellas con valor patrimonial.....	320

Figura 210: Histograma de frecuencias con las zanjas inventariadas por sectores, indicándose aquellas con valor patrimonial.	320
Figura 211: Histograma de frecuencias con los socavones inventariados por sectores.	321
Figura 212: Histograma de frecuencias con las galerías inventariadas por sectores, indicándose aquellas con valor patrimonial.	321
Figura 213: Histograma de frecuencias con los pozos inventariados por sectores, indicándose aquellos con valor patrimonial.	322
Figura 214: Histograma de frecuencias con las edificaciones inventariadas por sectores, indicándose aquellas con valor patrimonial.	323
Figura 215: Histograma de frecuencias con los caminos inventariados por sectores, indicándose aquellos con valor patrimonial.	323
Figura 216: Histograma de frecuencias con los afloramientos destacados inventariados por sectores, indicándose aquellos con valor patrimonial.	324
Figura 217: Elementos con riesgo en los sectores inventariados.	333
Figura 218: Elementos con riesgo alto o muy alto en los sectores inventariados.	333
Figura 219: Itinerarios en el área de estudio. En rojo, los asequibles para todos los públicos y más frecuentados por los visitantes. En verde, los de mayor dificultad y poco frecuentados (base cartográfica de Sigpac).	334
Figura 220: Potencial de las labores mineras; en verde, las de mayor potencial, naranja intermedio y rojo menor. Los números corresponden a los Puntos de Interés: 1: Teleférico de Fuente Dé; 2: Gramas Inferior; 3: Chalet Real; 4: pozo P4 labores Berto; 5: Mina Almanzora; 6: Mina de Las Mánforas; 7: Edificio de Viviendas de Las Mánforas; 8: Planta de tratamiento de Las Mánforas; (base cartográfica de Sigpac).	336
Figura 221: Panel informativo en la base del cable de Fuente Dé en el que se explica el origen minero del mismo.	343
Figura 222: Paneles informativos en la estación superior del cable de Fuente Dé.	345
Figura 223: Propuesta de cartel para el sector minero de Liordes.	351
Figura 224: Propuesta de cartel para el sector minero de Fuente Dé.	352
Figura 225: Propuesta de cartel para las labores de Hoyo sin Tierra.	353
Figura 226: Propuesta de cartel para las labores de Altaiz.	354
Figura 227: Propuesta de cartel para la mina San Luis.	354
Figura 228: Propuesta de cartel para las labores de la Canal del Vidrio.	356
Figura 229: Propuesta de cartel para las labores de Horcadina de Covarrobres.	358

Figura 230: Puntos de Interés Mineros. 1: Parte inferior del cable de Fuente Dé; 2: Gramas Inferior; 3: Chalet Real; 4: pozo P4 labores Berto; 5: Mina Almanzora; 6: Mina de Las Mánforas; 7: Edificio de Viviendas de Las Mánforas; 8: Planta de tratamiento de Las Mánforas; (base cartográfica de Sigpac).....	361
Figura 231: Propuesta de cartel con los Puntos de Interés Minero que se propone colocar en la base del cable de Fuente Dé.	362
Figura 232: Ficha descriptiva del PIM-1	363
Figura 233: Ficha descriptiva del PIM-2.	364
Figura 234: Ficha descriptiva del PIM-3.	365
Figura 235: Ficha descriptiva del PIM-4.	366
Figura 236: Ficha descriptiva del PIM-5.	367
Figura 237: Ficha descriptiva del PIM-6.	368
Figura 238: Ficha descriptiva del PIM-7.	369
Figura 239: Ficha descriptiva del PIM-8.	370
Figura 240: Delimitación del Lugar de Interés Geológico-Minero propuesto. En negro, los PIM's; en azul y verde, los elementos mineros y geológicos secundarios.....	373
Figura 241: Galería G16 de las labores Zulema-Bat-Manolita. Conecta con los pozos P14 y P15 en la base del dique, por donde se introducen los finos.	378
Figura 242: Propuesta de cartel con las rutas geomíneras diseñadas.....	381
Figura 243: Ruta geomínera propuesta desde el Hotel-Refugio de Áliva (inicio) (base cartográfica de Sigpac).....	383
Figura 244: A: Llomba del Toro; B: parada 2 (punto de interés geológico en la mina Berto); C: Formación Lebeña (parada 3) y D: rocas con esfalerita en las escombreras de la parada 4.	385
Figura 245: A: casetones de la mina; B: sondeos de exploración; C: base del teleférico y D: balsa de finos.....	386
Figura 246: Diseño del tríptico divulgativo correspondiente al itinerario geomínero propuesto para las minas de Áliva.....	387
Figura 247: Parte interior del tríptico de la Figura 246.....	388
Figura 248: Ruta geomínera propuesta desde la parte superior del teleférico (inicio).	389
Figura 249: A: afloramientos de caliza de la Formación Picos de Europa, en la parte superior del teleférico de Fuente Dé. B: Cuetos de Juan Toribio. C: Hoyos de Lloroza. D: camino minero a las Gramas.....	391

Figura 250: A: restos del torno en Gramas superior. B: escombreras en Gramas inferior. C: lapiaces. D: restos de fundición en el collado de Fuente Escondida.	392
Figura 251: Factor de Seguridad establecido para las galerías mineras sin sostenimiento y supervisión continua y situación de las minas estudiadas en el Macizo Central con respecto a los gráficos de la estabilidad de excavaciones subterráneas sin sostenimiento (modificado de Barton et al., 1980; Houghton y Stacey, 1980).	394
Figura 252: Ábaco para obtención de la valoración o puntuación de la resistencia de la roca en función de la resistencia a compresión uniaxial (Bieniawski, 1989).....	458
Figura 253: Ábaco para obtención de la valoración o puntuación del RQD (Bieniawski, 1989).	458
Figura 254: Ábaco para obtención de la valoración o puntuación del espaciado entre discontinuidades (Bieniawski, 1989).	460
Figura 255: Esquema para la corrección por orientación de juntas: a- excavación a favor de buzamiento, b- excavación contra buzamiento, c- rumbo del túnel y discontinuidades paralelo.	462
Figura 256: Relación entre las juntas, el relleno y el desplazamiento cortante, de arriba abajo categorías a, b y c (NGI, 2013).	472
Figura 257: Intervenciones en las labores de la zona de la Vueltona y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.	481
Figura 258: Intervenciones en las labores de la parte superior de Las Gramas. En gris los elementos que no se intervendrían.	481
Figura 259: Intervenciones en las labores de la parte inferior de Las Gramas. En gris los elementos que no se intervendrían.	481
Figura 260: Intervenciones en la parte inferior de Hoyo sin Tierra y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.	482
Figura 261: Intervenciones en las minas de Altaiz y situación de los carteles indicativos. En gris los elementos que no se intervendrían.	483
Figura 262: Intervenciones en las labores de la mina San Luis y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.	484
Figura 263: Intervenciones en las labores de la canal de San Luis y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.	485
Figura 264: Intervenciones en las labores de la Canal del Vidrio. En gris los elementos que no se intervendrían.	486
Figura 265: Intervenciones en las labores de la mina Providencia. En gris los elementos que no se intervendrían.	489
Figura 266: Intervenciones en las Mánforas. En gris los elementos que no se intervendrían.	490

Figura 267: Intervenciones en las labores Zulema-Bat-Manolita. En gris los elementos que no se intervendrían.	493
Figura 268: Intervenciones en las labores Inés y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.	495
Figura 269: Intervenciones en las labores Rosario-Poquito. En gris los elementos que no se intervendrían.	497
Figura 270: Intervenciones en las labores Berto-Piomorena. En gris los elementos que no se intervendrían.	500
Figura 271: Intervenciones en las labores del grupo minero de Horcadina de Covarrobres y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.	503

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Referencias a los sectores estudiados en la Estadística Minera. Sánchez (1888 y 1890), Jusué (1907), Odriozola (1909), Molina (1923), Tolentinos (1924 y 1925), Mazarrasa, (1928 y 1930), Luna (1946, 1947, 1951 y 1952) y Gómez (1953, 1954, 1959 y 1960). A lgunos años no aparece el autor (jefe de distrito de Santander).	26
Tabla 2: Listado de las principales minas turísticas españolas. Modificado de Jordá <i>et al.</i> (2010).	32
Tabla 3: Principales glaciares existentes durante el Cuaternario en la zona de estudio. Modificado de Serrano <i>et al.</i> (2013).	64
Tabla 4: Paragénesis general de las mineralizaciones del Macizo Central (modificado de Gutiérrez y Luque, 2000).	69
Tabla 5: Principales empresas mineras que estuvieron presentes en el sector de Áliva. Modificado de Gutiérrez y Luque (2000).	115
Tabla 6: Número de visitantes del Parque Nacional de Picos de Europa en el año 2013 (Santori, 2013).	128
Tabla 7: Zonas investigadas con trabajos verticales y de espeleología horizontal.	142
Tabla 8: clases de roca según Bieniawski (1973, 1974, 1989).	153
Tabla 9: Puntuación de la clasificación geomecánica Q en función del tipo de roca. Traducido de Barton <i>et al.</i> , 1974.	154
Tabla 10: Valores del índice ESR (traducido de NGI, 2013).	159
Tabla 11: Requisitos generales y condicionales para huecos subterráneos permanentes sin sostenimiento (traducido de Barton, 1976).	160
Tabla 12: Criterios de clasificación de los elementos inventariados (basado en Jordá-Bordehore, 2008 y García-Cortes y Carcavilla, 2013).	170
Tabla 13: Ejemplo resumen de los elementos patrimoniales con su ubicación, tipología y valoración.	171
Tabla 14: Valoración patrimonial de las labores mineras.	173
Tabla 15: Valoración patrimonial de los recorridos subterráneos.	175
Tabla 16: Parámetros de valoración de interés de los Sectores Mineros.	177
Tabla 17: Valoración de la fragilidad (basado en García-Cortes y Carcavilla, 2013).	179
Tabla 18: Valoración de la vulnerabilidad por amenazas antrópicas (modificado de García-Cortes y Carcavilla, 2013).	180

Tabla 19: Elementos mineros en Fuente Dé. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	190
Tabla 20: Elementos mineros en Las Gramas. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	196
Tabla 21: Elementos mineros en Hoyo sin Tierra. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	199
Tabla 22: Elementos mineros en el Grupo Minero Altaiz. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	202
Tabla 23: Elementos mineros de la Mina San Luis. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad.	204
Tabla 24: Elementos mineros de la Canal de San Luis, frente a Las Gramas. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	206
Tabla 25: Elementos mineros en la Canal del Vidrio. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	209
Tabla 26: Elementos mineros de la mina Providencia. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	211
Tabla 27: Elementos mineros de las mina Las Mánforas. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	217
Tabla 28: Elementos mineros de las labores Zulema-Bat-Manolita. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	222
Tabla 29: Elementos mineros de las labores Ambasaguas.	224
Tabla 30: Elementos mineros de las labores Inés. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	227
Tabla 31: Elementos mineros de las labores Resalado.	228
Tabla 32: Elementos mineros de las labores Berto y Piemorena. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.	231
Tabla 33: Elementos mineros de las labores Rosario y Poquito. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad y en verde, los elementos con valor patrimonial.	234
Tabla 34: Elementos mineros de Horcadina de Covarrobres. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad y en verde, los elementos con valor patrimonial.	238
Tabla 35: Elementos mineros de la mina Marta Navarra. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad y en verde, los elementos con valor patrimonial.	240
Tabla 36: Resumen de los elementos mineros de cada una de las labores inventariadas y superficie afectada por las mismas. El camino que se ha inventariado en el Hoyo sin Tierra coincide con el camino principal de Las Gramas, por eso la suma de caminos es 4 en lugar de 5.	242

Tabla 37: Listado de elementos con riesgo medio, alto y muy alto y valor patrimonial medio, alto y muy alto del Sector Minero de Fuente Dé. En rojo, el total de elementos con riesgo y en verde, el total de elementos con valor patrimonial.....	243
Tabla 38: Listado de elementos con riesgo medio, alto y muy alto y valor patrimonial medio, alto y muy alto del Sector Minero de Lloroza. En rojo, el total de elementos con riesgo y en verde, el total de elementos con valor patrimonial.....	244
Tabla 39: Listado de elementos con riesgo medio, alto y muy alto y valor patrimonial medio, alto y muy alto del Sector Minero de Áliva. En rojo, el total de elementos con riesgo y en verde, el total de elementos con valor patrimonial.....	245
Tabla 40: Familias principales de discontinuidades de la galería principal de la mina de la Vueltona	280
Tabla 41: Familias principales de discontinuidades de la galería inferior de las Gramas.....	283
Tabla 42: Familias principales de discontinuidades en la mina Almanzora.	286
Tabla 43: Valores obtenidos con el esclerómetro en la mina Almanzora.	287
Tabla 44: Resumen valores medios y rangos analizados en las diferentes zonas de la mina Almanzora.	288
Tabla 45: Parámetros característicos y dimensiones evaluadas de las minas analizadas en la zona de estudio. E=Estable, P=ligeras inestabilidades.....	289
Tabla 47: Valoración de los elementos del sector de Fuente Dé. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN)..	295
Tabla 48: Valoración de los elementos del sector de Lloroza. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN)..	296
Tabla 49: Valoración de los elementos de la Canal del Vidrio y las minas Providencia y Mánforas. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).	299
Tabla 50: Valoración de los elementos de las labores Zulema, Bat y Manolita. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).	300
Tabla 51: Valoración de los elementos de las labores Inés, Berto-Piorenza y Rosario-Poquito. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).	301
Tabla 52: Valoración de los elementos de los grupos mineros de Horcadina de Covarrobres y Marta Navarra. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).....	302
Tabla 53: Valoración patrimonial de las labores mineras.	310
Tabla 54: Valoración de los sectores de Áliva y Lloroza.....	315

Tabla 55: Valoración patrimonial de los recorridos subterráneos.....	328
Tabla 56: Valoración de la susceptibilidad de degradación de las labores mineras.....	330
Tabla 57: Elementos con riesgo en el sector de Fuente Dé. En rojo los de muy alto riesgo....	332
Tabla 58: Elementos con riesgo en el sector de Lloroza. En rojo los de alto y muy alto riesgo.....	332
Tabla 59: Elementos con riesgo en el sector de Áliva. En rojo los de alto y muy alto riesgo.	332
Tabla 60: Protección legal de elementos y conjuntos minero-metalúrgicos españoles en el año 2011 (Puche <i>et al.</i> , 2011).....	347
Tabla 61: Parámetros de clasificación RMR y su valoración (Bieniawski, 1989 y modificado de Cornejo y Salvador, 1996).	463
Tabla 62: Guía para clasificar las condiciones de las discontinuidades. Nota: Algunas condiciones de las indicadas arriba son mutuamente excluyentes. Por ejemplo, si hay relleno, es irrelevante la rugosidad de la junta, dado que su efecto es enmascarado por la influencia del relleno. En esos casos utilizar directamente la Tabla 61 (Bieniawski, 1989). El autor señala que son los valores de 1979.....	464
Tabla 63: Corrección por orientación de las juntas (Bieniawski, 1989).	464
Tabla 64: Efecto del rumbo y buzamiento de las discontinuidades en túneles (Bieniawski, 1989).	465
Tabla 65 : Clases de RMR y su significado (Bieniawski, 1989).....	465
Tabla 66: Calidad del testigo “RQD” en la clasificación Q (Cornejo y Salvador 1996).	469
Tabla 67: Valoración del índice de diaclasado Jn en la clasificación Q (NGI, 2013).....	470
Tabla 68: Valoración del índice de rugosidad Jr de las discontinuidades, en la clasificación Q (NGI, 2013).	472
Tabla 69: Valoración del índice de alteración de las discontinuidades Ja, en la clasificación Q (NGI, 2013).	473
Tabla 70: Factor Jw de reducción por la presencia de agua (NGI, 2013).	474
Tabla 71: Valoración de las condiciones tensionales de la roca (SRF) para la categoría a) zonas débiles intersectan la excavación (modificado de NGI, 2013).....	475
Tabla 72: Valoración de las condiciones tensionales de la roca (SRF) del índice Q (modificado de NGI, 2013).	476

1. INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional de Picos de Europa, ubicado en la Cordillera Cantábrica, pionero de los Parques Nacionales de España, fue creado por Ley de 22 de julio de 1918 para conmemorar el duodécimo centenario de la batalla de Covadonga. De ahí que su nombre original fuese Parque Nacional de la Montaña de Covadonga. Las Cortes Generales aprobaron su actual denominación al promulgar la Ley 16/1995, de 30 de mayo, publicada en el BOE nº 129 de 31 de mayo de 1995. La última ampliación realizada (BOE-A-2015-4458), eleva la superficie protegida hasta alcanzar las 67.127 hectáreas actuales, que se distribuyen en las Comunidades Autónomas del Principado de Asturias, Cantabria y Castilla y León (Figura 1).

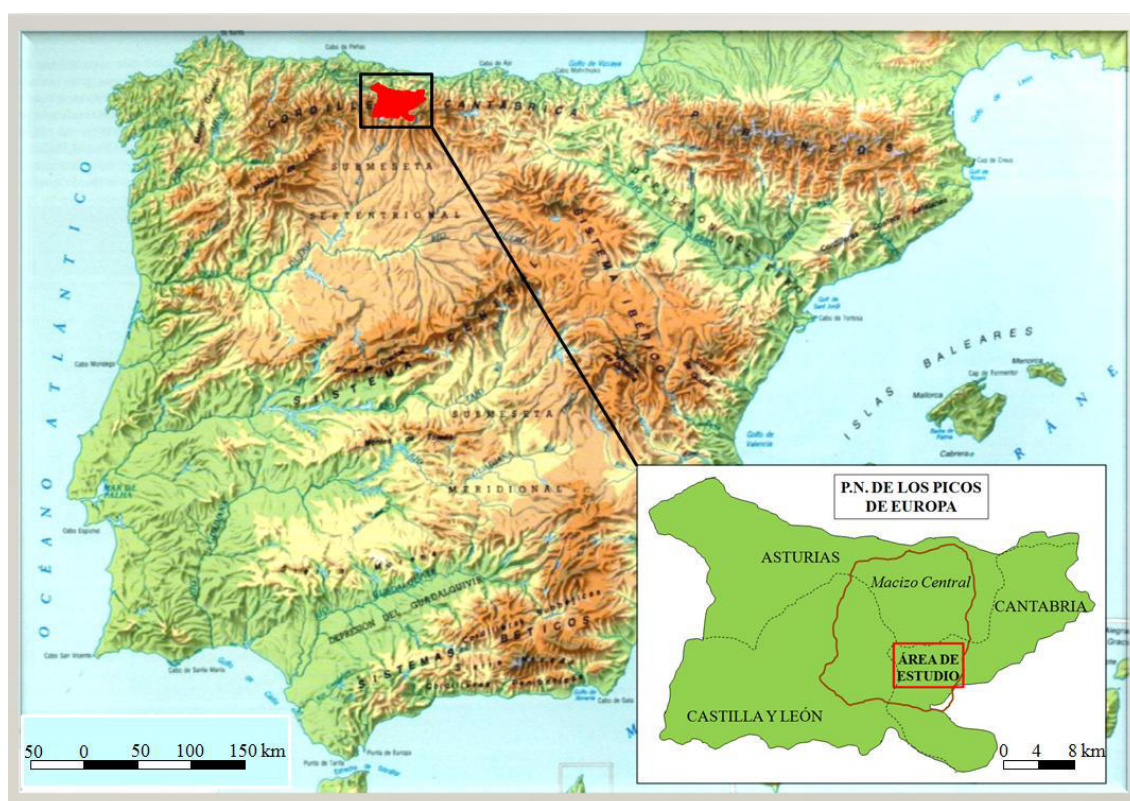


Figura 1: Situación del Parque Nacional de Picos de Europa en la Península Ibérica y detalle del mismo indicando el sector estudiado.

En la exposición de motivos de la Ley 16/1995, se indica que el Parque Nacional de Picos de Europa es el principal macizo calizo de la Europa Atlántica, a la vez que representa los ecosistemas ligados al bosque atlántico, con importantes procesos kársticos, simas que llegan a alcanzar más de 1000 metros de profundidad, erosión glaciaria pleistocena muy destacada y

presencia de lagos de origen glaciar. Todas estas peculiaridades, son el resultado de diversos procesos geológicos que actuaron, y algunos de ellos continúan actuando en el presente, otorgándole una elevada geodiversidad y unos valores paisajísticos de singular belleza, que a la vez sustentan una rica y variada biodiversidad.

El Parque Nacional de Picos de Europa es, además, Lugar de Interés Comunitario (LIC) y Reserva de la Biosfera, habiendo sido declarada la Montaña de Covadonga como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), al amparo de la directiva 79/409 CEE. Además, cuenta con un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), aprobado por Real Decreto 640/94 de 8 de abril.

Entre los objetivos expuestos en la ley de declaración de este Parque Nacional cabe destacar el de contribuir a la protección, recuperación, fomento y difusión de los valores culturales y antropológicos que conforman la historia de este espacio natural protegido (Artículo 1-2). En este sentido, desde su declaración, el turismo en el ámbito del Parque ha ido cobrando mayor importancia y supone una importante fuente de ingresos para la economía local, siendo en algunos municipios el primer sector económico. En la actualidad, el Parque Nacional de Picos de Europa ocupa el segundo lugar en España en cuanto a número de visitantes anuales, alcanzando en 2013 un total de 1.544.521 visitas, por detrás del Parque Nacional del Teide (con más de 2,5 millones de visitas).

En el año 2010, se editó la primera edición de la Guía Geológica de los Picos de Europa (Rodríguez-Fernández, 2012); sin embargo, el inventario de elementos mineros, así como aquellos geológicos vinculados a la minería, que constituiría el mecanismo idóneo para la puesta en valor y divulgación de su rico patrimonio minero, es aún una tarea pendiente. No se debe de olvidar que, entre los rasgos económico-culturales a través de la historia del Parque Nacional de Picos de Europa debemos destacar la minería. La actividad extractiva, iniciada a mediados del siglo XIX, fue decreciendo paulatinamente en la segunda mitad del siglo XX, hasta desaparecer completamente en el sector estudiado en 1989. La minería ha dejado su

testimonio en un gran número de labores mineras realizadas para la extracción de plomo y cinc. No se puede comprender el paisaje, la etnografía, la economía ni la historia del Macizo Central de los Picos de Europa sin entender por qué y cómo se realizó allí la actividad minera.

La principal mina del Macizo Central de los Picos de Europa, la mina de Las Mánforas, se cerró en 1989, y ha permanecido casi en el olvido más absoluto hasta la actualidad, salvo para los aficionados y coleccionistas de minerales, dada la excepcional importancia de los ejemplares de esfalerita (blenda acaramelada) hallados en sus galerías. Recientemente, ha sido motivo de varios estudios para su puesta en valor como recurso geológico y minero (Jordá *et al.*, 2008, Jordá, 2009; Jordá y Jordá-Bordehore, 2011), y es considerada como un factor de la máxima importancia para llevar a cabo la planificación y gestión del territorio del Parque Nacional y su entorno. Esto último se pone de manifiesto por la existencia de un gran número de pozos y galerías que han sido inventariados y catalogados con el propósito de que se adopten las medidas necesarias de seguridad y para que sea posible la promoción y el desarrollo del geoturismo en el marco del desarrollo sostenible de la comarca. Adicionalmente, la zona cuenta con varios factores que la hacen especialmente interesante de cara a su potencial puesta en valor, como son:

-El hecho de que las minas de Áliva, enclavadas dentro de la zona de estudio, sean conocidas internacionalmente en el ámbito del coleccionismo y la museística por los numerosos ejemplares extraídos de esfalerita (blenda acaramelada). Éstos son únicos en el mundo por su belleza, que los han transformado en objeto de culto; algunos ejemplares se han utilizado en el ámbito gemológico y joyero.

-En esta área se puede observar de forma muy evidente, aflorando, la mineralización que dio origen a los yacimientos de plomo y cinc. Existen en el sector numerosos elementos de interés mineralógico, geomorfológico, paleontológico, minero, junto con un conjunto de restos bien conservados de la actividad industrial.

-Las condiciones de observación son óptimas, dada la práctica ausencia de vegetación y de la existencia de una red de caminos (la mayoría de origen minero) que facilita el acceso a los antiguos grupos mineros.

-La evidente amenaza actual y potencial de deterioro de las infraestructuras mineras, que constituyen un patrimonio histórico-industrial de primer orden.

-El hundimiento de algunas galerías y pozos de ventilación constituye, si no se toman las medidas necesarias, un serio riesgo para los numerosos visitantes del Parque Nacional de Picos de Europa.

-Según los datos del Parque Nacional (Santori, 2013), del millón y medio de visitantes que éste recibe anualmente, cerca de 600.000 recorren el área donde se concentran precisamente la mayor parte de las labores mineras.

La zona estudiada es, además de un sector con un rico patrimonio minero, un territorio con una gran geodiversidad y un destacado patrimonio geológico, enclavado dentro de un Parque Nacional, la figura de máxima protección contemplada en la legislación nacional sobre espacios naturales, en el que no existe aún un inventario detallado de los puntos de interés geológico-mineros. Por este motivo, no se han llevado a cabo las actuaciones que posibiliten su conservación y adecuación para fines proteccionistas, de investigación, didácticos y de divulgación geológico-minera. Es decir, es, desde todas las ópticas, una zona que merece y necesita de estudios detallados sobre el patrimonio geológico y minero. La presente tesis doctoral pretende ser una primera aportación en este ámbito, cuyos objetivos se detallan en el siguiente apartado.

1.1. OBJETIVOS

En base a lo anteriormente expuesto, los objetivos fundamentales que se plantean en esta investigación son:

1. Elaborar el inventario de elementos mineros de los sectores con mayor afluencia de visitantes, teniendo en cuenta tanto los aspectos de seguridad como el valor patrimonial de cada uno de ellos y del conjunto.
2. Investigar los principales recorridos mineros subterráneos, seleccionando los más destacados atendiendo a la posibilidad de su puesta en valor, así como realizar un estudio topográfico y de estabilidad de las galerías.
3. Valorar desde el punto de vista patrimonial los elementos, las labores y los sectores mineros.
4. Establecer unos criterios de estabilidad mínimos (factor de seguridad) para galerías mineras en zonas donde no es viable una rehabilitación integral para su aprovechamiento turístico.
5. Facilitar la integración del patrimonio minero dentro del inventario de patrimonio geológico de España, en vías de realización por el IGME, en base a la Ley 42/2007.
6. Realizar unas propuestas de puesta en valor de las labores mineras que contemplen tanto la minimización del riesgo y el impacto ambiental como la conservación y divulgación de los principales elementos patrimoniales.
7. Proponer unas figuras de protección para los principales elementos patrimoniales.
8. Fomentar la recuperación y difusión de la memoria histórica de una actividad que permitió el desarrollo económico de esta comarca durante 133 años.

1.2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Tras la recopilación y análisis de los principales trabajos llevados a cabo en torno a la mina de Las Mánforas, centrados principalmente en su historia y en los ejemplares de esfalerita que de ella se extrajeron, se planificaron varias campañas de campo con el objetivo de realizar un reconocimiento del estado actual de las infraestructuras y vestigios mineros.

Los trabajos de campo se iniciaron en mayo del 2008, con la primera campaña en la zona de Áliva. En ese momento, el objetivo planteado no era específicamente un inventario general de labores mineras en el Macizo Central, sino un estudio en detalle de la mina de Las Mánforas, un yacimiento legendario entre los aficionados a la mineralogía, debido a los esplendidos ejemplares de esfalerita acaramelada que se encontraban tanto en el interior como en las escombreras de la mina.

Los contactos que se establecieron con el entonces director del Parque Nacional, don Miguel Menéndez de la Hoz, hacen modificar el planteamiento inicial. Se desestima la investigación en el interior de la mina de Las Mánforas, ya que por parte del Parque Nacional se considera un peligro para los visitantes la existencia de accesos a una mina tan conocida. Los ingresos no autorizados a las galerías con el objetivo de la extracción de muestras y el difícil control de los mismos, llevan a las autoridades a realizar un inventario de la labores mineras del entorno, para proceder al vallado de seguridad de algunos pozos y galerías y al cierre mediante una losa de hormigón del acceso a Las Mánforas, lo que impedía la continuidad de las investigaciones en su interior.

A pesar del cierre de la principal mina, la zona del Macizo Central se encuentra repleta de labores mineras en un entorno geológico único, por lo que del planteamiento inicial centrado exclusivamente en una mina, se amplió a un inventario y análisis más extenso y con mayor número de propuestas. Tomando como hipótesis de trabajo un estudio general de las minas de la zona, se extendieron los trabajos a los cuatro sectores en los que se divide el área de estudio (Mazarrasa, 1930): Liordes, Fuente Dé, Lloroza y Áliva. Los estudios de detalle se centraron en

los tres últimos sectores, haciéndose un inventario pormenorizado de los grupos mineros presentes:

- Fuente Dé
- Gramas (Lloroza)
- Altaiz (Lloroza)
- San Luis (Lloroza)
- Canal del Vidrio (Áliva)
- Las Mánforas (Áliva)
- Duje (Áliva)
- Horcadina de Covarrobres (Áliva)
- Marta Navarra (Áliva)

En el año 2009 se presentó en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, el proyecto Fin de Máster del autor de esta tesis doctoral (*Propuesta de actuaciones en las minas abandonadas en el Macizo Central del Parque Nacional de Picos de Europa*), con los primeros resultados de las campañas de campo y las propuestas iniciales. El desarrollo de las campañas de investigación llevadas a cabo desde el año 2008 al 2015 se detallará en el siguiente subcapítulo.

Durante los años 2010 y 2011 se realizaron varias visitas a los archivos de la Escuela de Minas de Torrelavega (Cantabria) y a los pertenecientes a la empresa Asturiana de Zinc, S.A., en Arnao (Asturias), para recopilar la información y los trabajos realizados por las compañías mineras que tuvieron concesiones en el Macizo Central de los Picos de Europa.

Desde el inicio de la investigación en 2008 se ha constatado un creciente interés por el patrimonio geológico-minero en el Parque Nacional de los Picos de Europa, donde numerosas instituciones y particulares se han ido implicando progresivamente en su estudio y valoración hasta la actualidad.

1.2.1. CAMPAÑAS DE INVESTIGACIÓN

Campañas de exploración iniciales, año 2008

La primera campaña de exploración tuvo lugar entre los días 1 y 5 de mayo del año 2008. El objetivo principal, antes de la solicitud de un permiso formal de investigación, era conocer el estado en el que se encontraban tanto las antiguas edificaciones mineras como los accesos a las galerías mineras en el entorno de la mina de Las Mánforas. La anterior visita se había producido 15 años atrás y si bien, por algunas publicaciones recientes, se conocía que aún eran practicables varios de los recorridos interiores y que las construcciones se hallaban en una situación de relativo deterioro, debía verificarse tal estado para poder planificar y concretar una investigación completa.

La zona que se exploró fue el entorno de la mina de Las Mánforas: los grupos mineros de La Canal del Vidrio, Las Mánforas, Duje y la mina de Marta Navarra (Figuras 2 y 3). Se realizó la exploración subterránea de Las Mánforas, comprobándose el enorme potencial de las galerías de cara a un posible aprovechamiento turístico.

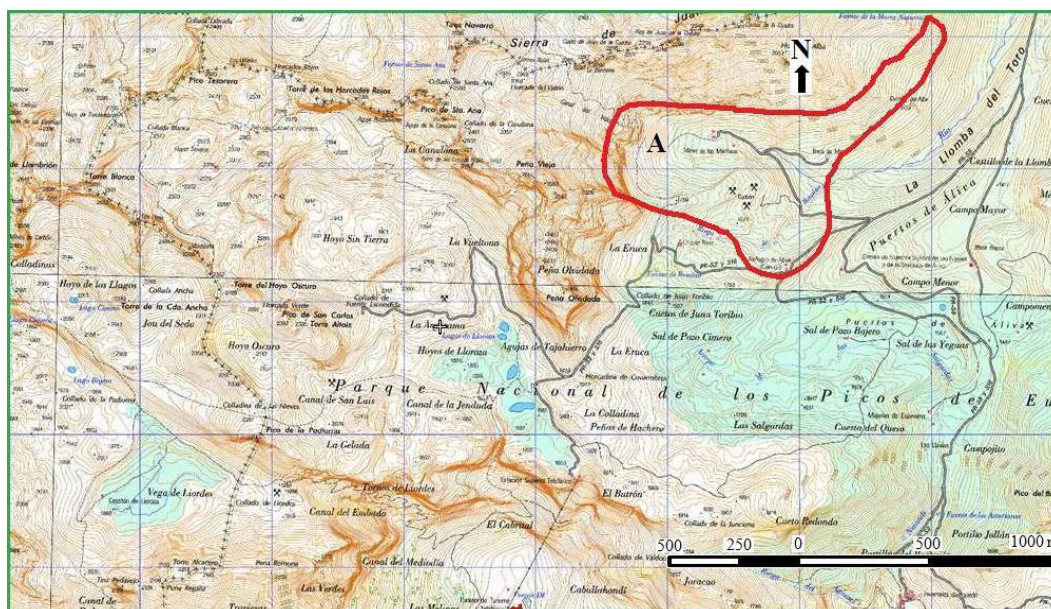


Figura 2: A: área investigada durante la primera campaña de 2008. Entorno de Áliva y Mina Marta Navarra (base cartográfica de Sigpac).



Figura 3: Zonas investigadas durante la primera campaña de 2008. A: campamento en la bocamina de Las Mánforas. B: vagonetas en el interior de la galería de acceso principal de Las Mánforas. C: vivienda para mineros en la pared de la Canal del Vidrio. D: exploración de la mina Marta Navarra.

Con el nuevo replanteamiento de la investigación, una vez desestimado el estudio exclusivo de la mina de Las Mánforas, se comprobó que las zonas con mayor potencial de uso (turístico u otro) era la zona superior del “cable”, correspondiente a los sectores de Lloroza y Áliva, ambas zonas atravesadas por varios caminos con numerosa afluencia de visitantes. A la vez, son zonas con gran peligrosidad, por tratarse de caminos mineros, es decir, los propios caminos que recorren los turistas llevan a zonas con presencia de huecos mineros.

Para el acceso en vehículo a una zona protegida, necesario para el transporte de material (principalmente en el año 2009 donde se emplearon equipos de geofísica en las investigaciones) fue necesario contar con un permiso oficial de investigación otorgado por las autoridades del Parque Nacional. Para ello se presentó, en el año 2008, la propuesta de investigación: *“Inventario de las labores mineras y del patrimonio geológico y minero de las minas y entorno de Áliva”* cuya petición consistía en el inventario y análisis de la peligrosidad tanto de las

instalaciones, las bocaminas, pozos, escombreras y balsa de finos y proponer soluciones tanto de seguridad como ambientales y de uso público. La propuesta fue acompañada de la pertinente carta al director del Parque Nacional Picos de Europa, acreditación del investigador como matriculado en un Máster oficial de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y certificado de la directora del Proyecto Fin de Máster.

Con fecha 24 de junio y 2 de julio se emitieron dos informes favorables a la investigación, en los que el principal impedimento que se ponía a la investigación era la obtención de muestras, bien fuesen de fósiles o de “maclas de mineral”. Claramente, esto venía dado por la problemática a la que se enfrentaban los técnicos del parque por la recolección indiscriminada de ejemplares de minerales en la mina de Las Mánforas. Con el permiso de investigación otorgado, se procede a una segunda campaña de exploración, en la que se realizó el primer inventario (en la mina de Marta Navarra), la exploración superficial de los sectores de Liordes y Fuente Dé y los primeros recorridos subterráneos en el grupo minero del Duje (Figura 4).

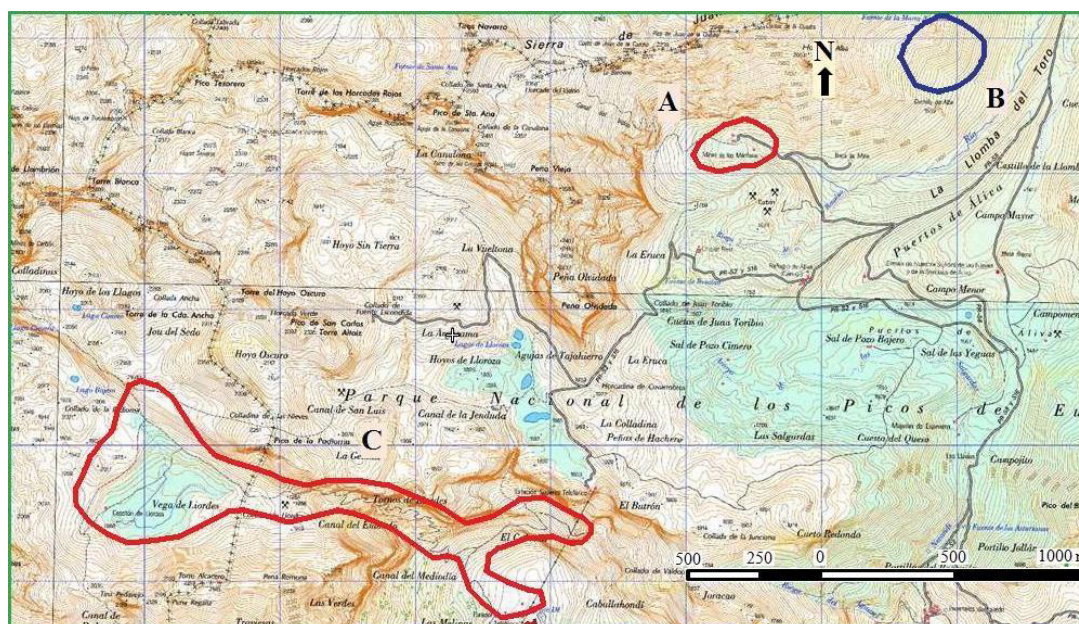


Figura 4: Área investigada en la segunda campaña de campo de 2008. A: exploración subterránea en el grupo minero del Duje. B: inventario de la mina Marta Navarra. C: exploración superficial de los sectores mineros de Liordes y Fuente Dé (base cartográfica de Sispac).

Campañas de investigación de los años 2009-2015

En el año 2009, se solicitó la renovación del permiso de investigación anterior y la utilización de técnicas geofísicas para el estudio de antiguos minados y el análisis del espesor de la balsa de finos de las Mánforas. Se acompañó la solicitud con la memoria de actividades, los certificados tanto de la Universidad como de la codirectora de la investigación (Dra. Graciela N. Sarmiento Chiesa, de la UCM) y el codirector (Dr. Juan José Durán Valsero, del IGME). El 4 de junio de 2009 se autorizó la renovación del permiso de investigación y el 20 de julio el uso de los equipos de geofísica.

Ese verano se realizaron dos campañas. En la primera de ellas se hizo el inventario detallado superficial de los grupos mineros de La Canal del Vidrio, Las Mánforas, Duje y Horcadina de Covarrobres, en el sector minero de Áliva, exploración subterránea de la mina Inés y la exploración superficial de la zona de la Vueltona en el grupo minero de Las Gramas (Sector de Lloroza) (Figuras 5 y 6). El trabajo de inventario consistió en la identificación de los elementos patrimoniales, zanjas, socavones, pozos, galerías, escombreras y edificaciones. Se tomaron medidas de las dimensiones de los diferentes elementos y la situación relativa entre ellos, para poder realizar las propuestas de intervención.

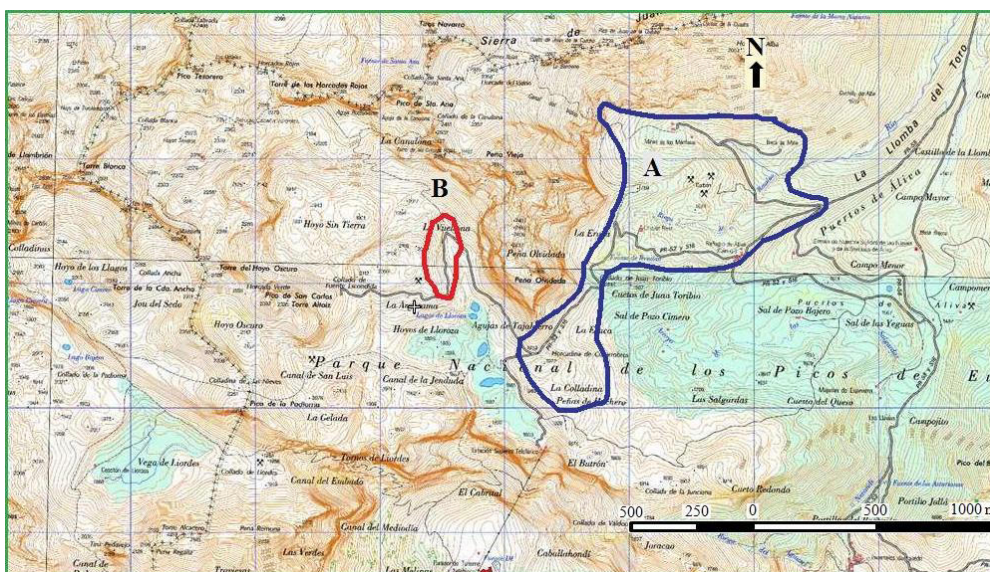


Figura 5: Áreas investigadas en la primera campaña de 2009. A: inventario de las labores mineras del sector de Áliva; B: exploración superficial de la zona de la Vueltona, (base cartográfica de Sigpac).



Figura 6: Inventario de la primera campaña de 2009. A: Chalet Real en la parte superior de las labores Berto. B: exploración subterránea de las labores Inés. C: cocinas dentro de los casetones de Las Mánforas. D: escombreras del grupo minero de Horcadina de Covarrobres.

La segunda campaña del año 2009 fue la más extensa, en cuanto a tiempo y metodologías empleadas, de las realizadas en esta investigación. Se llevaron equipos de geofísica (tomografía eléctrica y georradar), con el propósito de verificar el espesor del dique de estériles de Las Mánforas, técnica ya empleada en España en casos similares (Gómez *et al.*, 2007) y de identificar cavidades desde la superficie (Jordá-Bordehore *et al.*, 2006). Los resultados que se obtuvieron con estos métodos no fueron todo lo positivos que se podía esperar, por lo que se desestimó la continuidad de las investigaciones geofísicas. En el caso del georradar, empleado para medir el espesor de la balsa, la presencia de minerales metálicos pudo hacer que la señal no penetrase suficientemente, no identificándose ningún contacto que hiciese intuir el fondo de la balsa. En la detección de galerías, la sequedad del terreno pudo ser la responsable de los fallos en el registro del equipo (Figura 8).

Se realizó la exploración subterránea de la mina Providencia, en la parte superior de Las Mánforas (camino a la Canal del Vidrio), la topografía, el inventario y el estudio geotécnico de

la mina Almanzora, en el grupo minero del Duje y la exploración e inventario del grupo minero de Las Gramas, en el sector de Lloroza (Figuras 7 y 9).

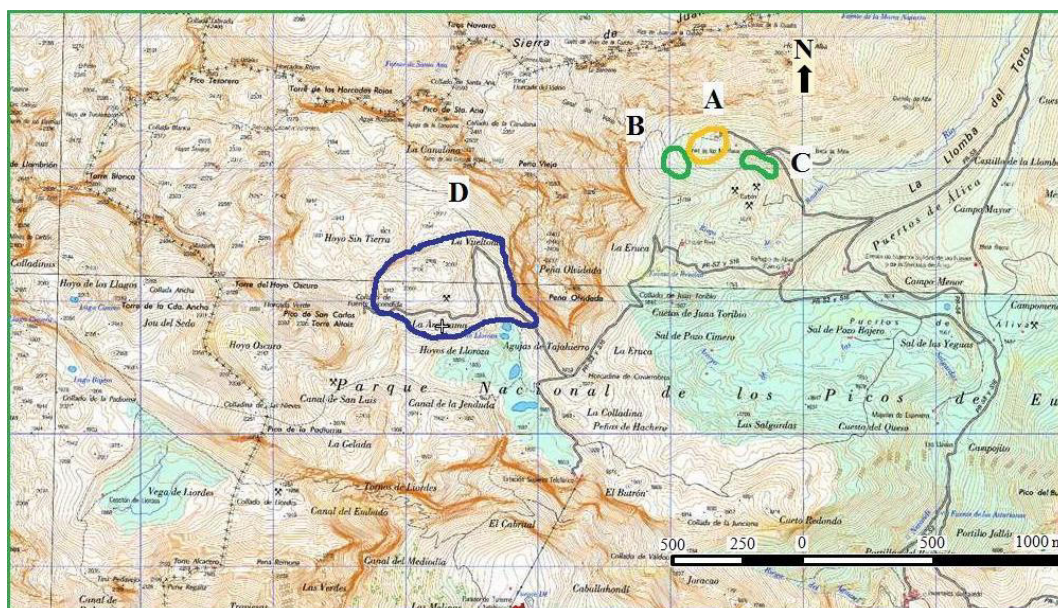


Figura 7: Área investigada en la segunda campaña de 2009. A: exploración geofísica en la mina de Las Mánforas. B: exploración subterránea de la mina Providencia. C: exploración, inventario, topografía y estudio geotécnico de la mina Almanzora (grupo minero del Duje). D: inventario de elementos mineros del grupo de Las Gramas (sector de Lloroza) (base cartográfica de Sispac).



Figura 8: Pruebas con los equipos de geofísica en la zona de Las Mánforas. A y B: tomografía eléctrica y georradar en el dique de estériles. C: niveles más metálicos en el dique, posible causa de la escasa penetración de los equipos. D: perfil de tomografía eléctrica sobre la galería de acceso a Las Mánforas.



Figura 9: A: exploración subterránea de la parte superior de Las Mánforas (camino a la Canal del Vidrio). B: exploración, inventario, topografía y estudio geotécnico de la Mina Almanzora (grupo minero del Duje). C y D: inventario de elementos mineros del grupo de Las Gramas (sector de Lloroza).

Las campañas del año 2010, estuvieron enmarcadas dentro de la investigación espeleológica del equipo de la Asociación Espeleológica Charentaise, y el CES Alfa. Se aprovechó la gran experiencia de estos grupos que llevan veinte años explorando en la zona, para la investigación de la mina de Las Gramas y otras labores mineras en el sector de Lloroza.

Se investigó y se elaboró la topografía subterránea de la mina de Las Gramas y la galería que se encuentra en la subida a la parte alta de Altaiz, en la curva del camino tallado en roca. Se inventariaron todas las labores correspondientes a la zona de Hoyo sin Tierra y Altaiz (grupo minero Altaiz) y Mina San Luis (Figuras 10 y 11).



Figura 10: A: campamento durante la campaña de campo de 2010. B: Hoyo sin Tierra y Picos Altaiz. C: parte superior de Las Gramas. D: zanja en una labor minera en la Canal de San Luis.

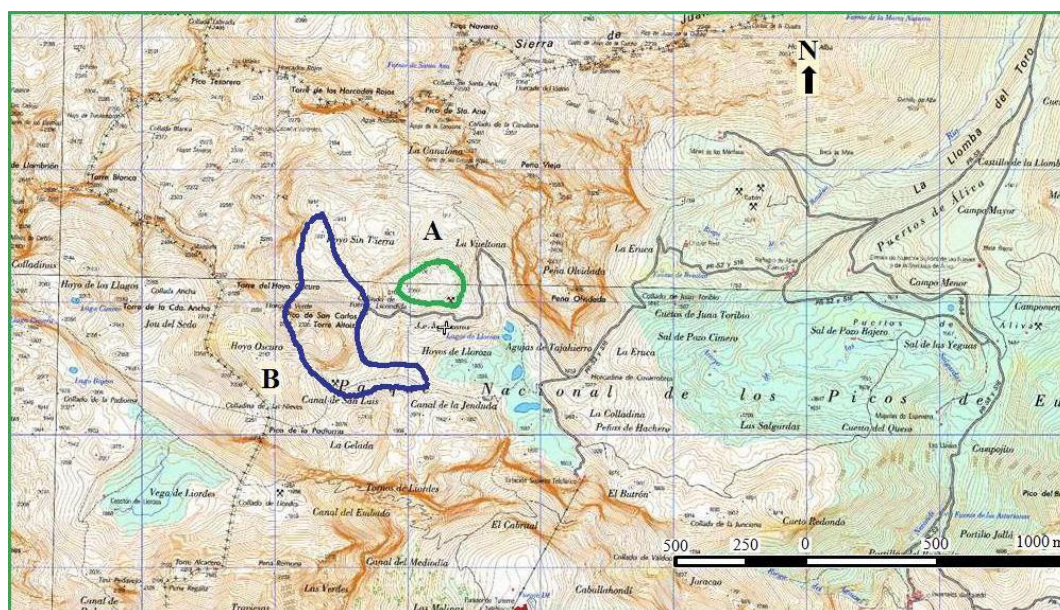


Figura 11: Áreas de investigación en el año 2010. A: exploración y topografía de la parte superior de Las Gramas. B: exploración e inventario de la zona de Hoyo sin Tierra, Pico Altaiz y Canal de San Luis, (base cartográfica de Sigpac).

En junio de 2015, como estudios de campo finales se realizó la topografía y el estudio geotécnico de varias galerías del grupo minero de Fuente Dé, la parte baja de la mina de Las

Gramas (Figuras 12 y 13) y se tomaron las medidas pendientes de diferentes labores mineras por los sectores de Lloroza y Áliva. Se constataron nuevos vallados de seguridad en el grupo minero del Duje.

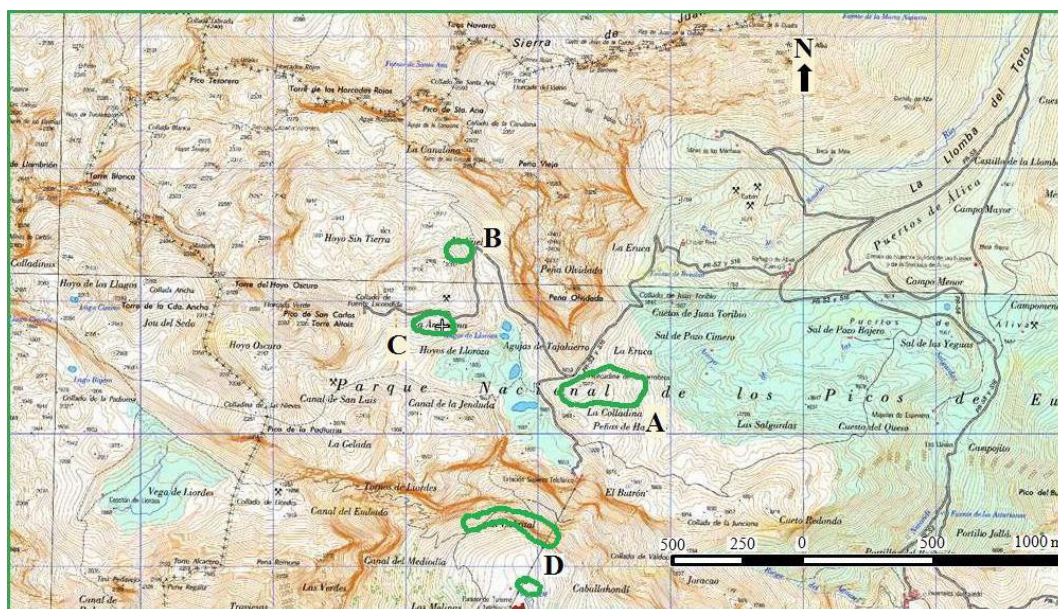


Figura 12: Áreas de investigación en el año 2015. A: exploraciones en Horcadina de Covarrobres. B: topografía y estudio geotécnico de galerías en la Vueltona. C: estudio geotécnico de la galería inferior de Las Gramas, D: topografía y estudio geotécnico en labores de Fuente Dé (base cartográfica de Sigpac).



Figura 13: Estudios geotécnicos en galerías. A: Vueltona; B: parte inferior de la mina de Las Gramas, sector Lloroza; C: Fuente Dé.

1.3. ESTRUCTURA DE LA TESIS

La memoria de la presente tesis doctoral consta de 11 capítulos y seis anejos. En el capítulo 1 se expone una introducción general, el relato del desarrollo de las investigaciones y el estado del arte que conforman los trabajos previos relacionados con el objetivo de la tesis en la zona de estudio.

El capítulo 2 es una breve síntesis de la geología y la geomorfología de la zona de estudio. Desde un contexto general de los Picos de Europa a uno más particular del Macizo Central, centrándonos finalmente en la metalogenia, para dar paso al capítulo 3, en el que se explica con más detalle el *paisaje minero*. Se analiza en él la historia de la minería en el Macizo Central, principal actividad económica y humana desarrollada desde mediados del siglo XIX, viéndose la evolución de la minería hasta el cierre de las explotaciones en el año 1989.

La metodología empleada para este trabajo se detalla en el capítulo 4, incluyendo las diferentes técnicas de investigación utilizadas en el campo, como soporte para realizar el inventario y la valoración de los elementos mineros, como son la espeleología, la topografía subterránea y los estudios geomecánicos de las galerías mineras. Se explican las fichas de campo diseñadas para la confección del inventario. En el capítulo 5, se describen los criterios de valoración del patrimonio geológico-minero, desde los elementos individuales a los conjuntos de las labores y los sectores mineros.

En el capítulo 6 se refiere el inventario de las labores mineras, con los elementos mineros identificados, indicándose tanto el riesgo existente como el valor patrimonial atribuido en el campo. En el capítulo 7 se mencionan los trabajos de exploración subterránea y los estudios topográficos y geotécnicos realizados en las galerías con mayor potencial en relación a su puesta en valor. De los inventarios y conclusiones extraídas de los mismos se desarrolla en el capítulo 8 la valoración y zonificación del área de estudio basadas principalmente en tres factores: el patrimonio geológico y minero, la peligrosidad de los vestigios mineros y su potencialidad de uso turístico.

En el capítulo 9 se explican las diferentes propuestas que pueden realizarse en el Parque Nacional, en base a la investigación y valoración de las minas, los vestigios mineros y el patrimonio geológico-minero. El capítulo 10 resume las principales conclusiones de la investigación, así como algunas consideraciones que se aportan para estudios futuros. Las referencias bibliográficas están recogidas en el capítulo 11.

Los anejos están divididos en el inicial, donde se muestran algunos ejemplos de las principales fichas de campo; el segundo y tercero sobre la metodología para la valoración de la estabilidad geotécnica. El cuarto es la descripción y los planos de las propuestas de intervenciones en las labores mineras. El quinto contiene las fichas de los Lugares de Interés Geológico recogidos en el inventario oficial del IGME y el sexto contiene las actas de los ensayos de laboratorio realizados en el IGME.

1.4. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

La comarca que comprende el Macizo Central de los Picos de Europa nunca fue una zona minera de gran entidad en el ámbito nacional. Por ello, no existe una extensa bibliografía sobre las actividades mineras desarrolladas en ella. En España, hasta el siglo XIX, únicamente se tienen referencias destacables de minas que habían pertenecido a la Corona, como las de Almadén, las de Linares o las de otras grandes áreas mineras. Sin embargo, a partir del siglo XIX ya hay una profusión en toda España de artículos, trabajos técnicos, planos de demarcación y planes de labores de las minas, por pequeñas que éstas fuesen.

A la hora de buscar documentación histórica de las minas de Picos de Europa en archivos históricos, nos encontramos ante una ausencia notable de documentación, circunstancia agravada por el incendio que se produjo en la ciudad de Santander en el año 1941, en el cual se destruyeron los archivos de la Jefatura de Minas, actualmente perteneciente al Gobierno de Cantabria. En ellos estaban los documentos correspondientes, entre otros, a las labores del área

de estudio. Además de algunas publicaciones periódicas como la *Revista Minera Metalúrgica y de Ingeniería* y principalmente de la *Estadística Minera*, la mayor referencia documental la encontramos en los archivos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), si bien es cierto que la documentación obtenida de dicho archivo es más de temática patrimonial que de investigaciones concretas de la minería existente en el área de estudio.

Para el desarrollo de esta investigación, se ha revisado la documentación existente y los trabajos realizados en dos campos bien diferenciados; por un lado, los referentes a los estudios geológicos y mineros en el área de la investigación; y por otro, y dado que el objetivo final es llevar a cabo unas propuestas de puesta en valor del patrimonio, los trabajos efectuados hasta la fecha en el ámbito del patrimonio geológico y minero. En este apartado se hará especial hincapié en las actividades llevadas a cabo por las sociedades de defensa y divulgación del patrimonio, especialmente por la Sociedad para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero de España (SEDPGYM), así como la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España (SGE). Por último, se expondrán los estudios y propuestas desarrollados en el ámbito patrimonial en el área de estudio.

1.4.1. INVESTIGACIONES GEOLÓGICO-MINERAS

La información más antigua que existe referente a la explotación de las minas en la zona de estudio aparece en el “*Registro y relación general de minas de la corona de Castilla*” de Tomás González (1832), donde se mencionan los primeros estudios relacionados con la geología y la minería en el Macizo Central de los Picos de Europa, que se remontan al siglo XVI. Este autor recopila los legajos depositados en los Archivos de la Corona de Simancas y Valladolid. Se tienen de esa época las primeras menciones del beneficio de metales en el sector de Peñavieja.

No obstante, los que pueden considerarse de verdad como primeros investigadores en la zona son los ingenieros de minas-geólogos gallegos Joaquín Ezquerro del Bayo y Casiano de Prado y Vallo (Figura 14). Del primero, en el libro “*Elementos de laboreo de Minas*”, aparecen las

primeras menciones sobre la riqueza en cinc de los Picos de Europa, y el segundo, en sus viajes de 1853 y 1856 (Prado, 1858), realizó numerosas observaciones de tipo geológico, como es el origen marino de las calizas paleozoicas, la disolución de éstas por agentes químicos, lo que hoy se conoce como karstificación (Villa, 1998) y los rasgos glaciares de la masa de hielo de la cara norte del Llambrión (Rodríguez-Fernández, 2012).

En esos mismos años, la Real Compañía Asturiana de Minas (RCAM), en su afán por descubrir yacimientos de cinc en la cornisa Cantábrica, realizó numerosas prospecciones e inició las explotaciones de Áliva. Durante la época de explotación minera, no cesaron las investigaciones por parte de las empresas explotadoras de los Picos de Europa, tanto en el siglo XIX (Bauzá, 1860, Olavarría, 1874 y 1891 y Arce, 1879 y 1880), como en el siglo XX (Mazarrasa, 1930 y Ansart, 1975 y 1979).



Figura 14: Casiano de Prado y Vallo. (Tomado de Martínez de Pisón, 1998)

En cuanto a archivos de la actividad minera en los que se mencionen las minas investigadas, cabe destacar sin duda el Fondo Mina de Reocín en Torrelavega (Cantabria) y el Archivo Histórico de Asturiana de Zinc, S.A. (AZSA, empresa heredera de la Real Compañía Asturiana de Minas). Este último, ubicado en Arnao (Asturias), cuenta con personal dedicado

exclusivamente a su conservación y cuidado. El excelente estado de conservación de los documentos está relacionado con el propio material de las cajas que los guardan, tal y como indicaba Alfonso García, responsable del archivo en el año 2010. Los envases realizados con el propio cinc extraído en Cantabria han permitido que las inclemencias del tiempo, incluso en las épocas de mayor abandono de las edificaciones de Arnao, no destruyesen los documentos históricos. Entre estos documentos se encuentran 6430 legajos y 2489 libros, que comprenden estudios de investigaciones, planes de labores, memorias anuales, escrituras de compra, así como información de los economatos y personal de la empresa (Figura 15).

En el archivo existe información datada entre los años 1729 y 1983, ocupando esta documentación un total de 400 metros lineales de estanterías. Aunque se conserva documentación en casi todas las instalaciones antiguas y pendientes de uso de la compañía en Arnao, se ha destinado a archivo histórico y, como área de trabajo, una edificación concreta, procedente de unas antiguas oficinas de las que se han dedicado tres cuartos del espacio disponible para depósitos documentales.

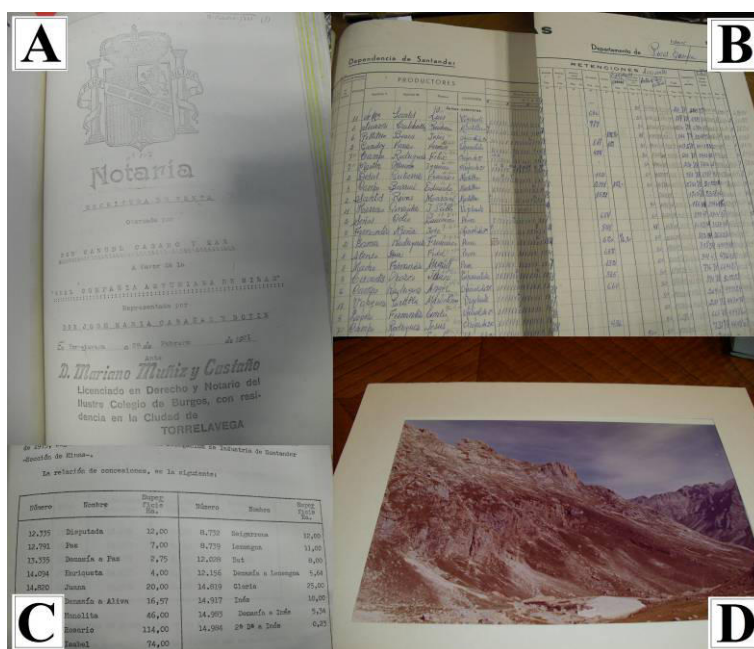


Figura 15: Documentos del archivo de AZSA. A: escritura de venta a favor de la R.C.A.M de 1921. B: salarios percibidos por los trabajadores. C: memoria de actividades de 1975 del grupo minero “Áliva y Otras”. D: panorámica de la mina de Las Mánforas.

De finales del siglo XIX y principios del XX destacan los trabajos del Conde de Saint-Saud sobre la cartografía de los Picos de Europa, en los que se hace mención a los heleros (correspondientes a la Pequeña Edad de Hielo) (Saint-Saud, 1922) y Calderón (1900) sobre la blenda de los Picos de Europa.

A principios del siglo XX, destacan las figuras del geólogo alemán Gustavo Schulze quien, en los años 1906, 1907 y 1908, realizó diversas exploraciones y estudios en los macizos de los Picos de Europa. También del alemán Hugo Obermaier, quien cartografió el modelado glaciar de los macizos Central y Oriental (Figura 16) (Rodríguez-Fernández, 2012).

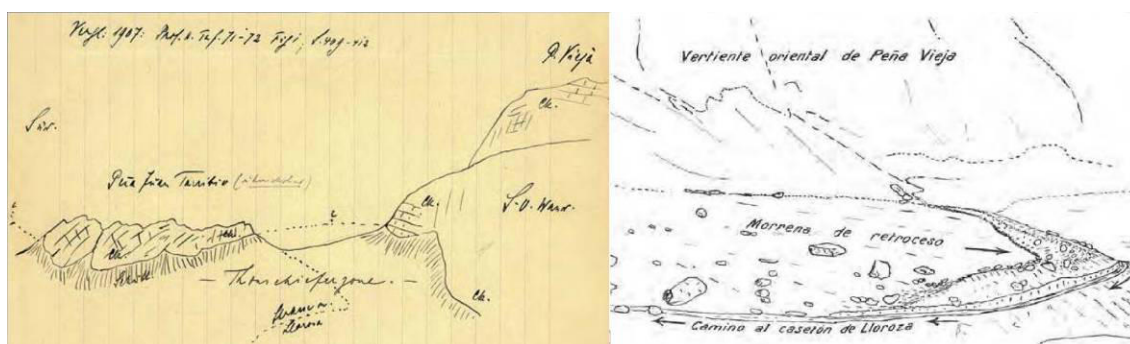


Figura 16: A la izquierda, esquema de Gustavo Schulze de 1907 con la interpretación del klippe de los Cuetos de Juan Toribio. A la derecha, la morrena de Peña Vieja según Hugo Obermaier. Ambos en la zona de Áliva (Fuente: Rodríguez-Fernández, 2012).

La espectacularidad de los cristales de esfalerita, no pasaron desapercibidos desde su descubrimiento. Debido a sus cualidades, fueron estudiados desde los inicios de la explotación por muchos de los principales mineralogistas del siglo XIX (Calderón, Ramsey, Mallaro, Freidl, Quiroga, Brauns y Cadwell) para poder determinar sus propiedades ópticas, químicas y físicas (Sainz y García, 1996).

Posteriormente, podemos destacar el trabajo de Hernández Pacheco (1944), en el que se señala la existencia de escamas superpuestas, primera mención al engrosamiento tectónico de los materiales calizos de los Picos de Europa.

El trabajo nacional de referencia “*Zur Gliderung des Varisciden der Iberischen Meseta. Geotektonische Forschungen*” (Lotze, 1945) o ya posteriormente, la publicación “*Sistemas hidrogeológicos de los Picos de Europa. Consideraciones sobre un eventual aprovechamiento energético de los acuíferos*” (Virgós *et al.*, 1980), son dos referencias básicas en geología e hidrogeología de los Picos de Europa.

Entre los años 1978 y 1982 se elabora el mapa geológico 1:50.000 correspondiente a la hoja 56 Carreña-Cabrales (Martínez y Marquínez, 1984), de la serie MAGNA, publicada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) que sirvió de base a los estudios detallados de los años 90 y posteriores.

En esta época se realizan numerosas investigaciones. Además de las ya citadas contratadas por las empresas mineras, destacan en los años 90 y posteriores, los trabajos sobre metalogenia de los yacimientos de Pb-Zn, principalmente del sector de Áliva (Luque *et al.*, 1990; Gómez, 1992; Sapanski y Gómez, 1992; Gómez y Arribas, 1993 y 1994; Sainz y García, 1996 y Gómez *et al.*, 1993, 2000 y 2006), así como las investigaciones de la Universidad de Oviedo (Marquínez, 1992; Gutiérrez y Luque, 1993 y 1995; Farias y Heredia, 1994; Alonso *et al.*, 1996; Marquínez y Adrados, 2000; Merino-Tomé *et al.*, 2009; Blanco, 2011; Bahamonde *et al.*, 2013 entre otros).

Entre las fuentes documentales que se han utilizado para la recopilación, tanto de información histórica como de métodos de laboreo y datos de producción de mineral, destaca la publicación de la *Estadística Minera*. En esta publicación, que se inició en 1856 y que continúa todavía en la actualidad, se presentan aquellas minas que tenían una producción declarada o en las que se estaban realizando investigaciones significativas (Calvo, 1999).

En la Tabla 1 se muestran las referencias encontradas sobre los sectores del área de estudio.

SECTORES	REFERENCIAS EN LA ESTADÍSTICA MINERA (AÑOS)
LIORDES	1901, 1907, 1909, 1924, 1925, 1928, 1956
FUENTE DÉ	1901
LOROZA	1901, 1907, 1909, 1924, 1926
ÁLIVA	1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1879, 1880, 1882, 1887-88, 1889-1990, 1901, 1907, 1908, 1923, 1924, 1925, 1926, 1928, 1930, 1946, 1947, 1951, 1952, 1953, 1954, 1959, 1960

Tabla 1: Referencias a los sectores estudiados en la Estadística Minera. Sánchez (1888 y 1890), Jusué (1907), Odriozola (1909), Molina (1923), Tolentinos (1924 y 1925), Mazarrasa, (1928 y 1930), Luna (1946, 1947, 1951 y 1952) y Gómez (1953, 1954, 1959 y 1960). En algunos años no aparece el autor (jefe de distrito de Santander).

Los trabajos de Fernández-Rubio (1989); Fernández y Valls (2004); Jordá (2011); Jordá *et al.* (2011) y Jordá y Jordá-Bordehore (2011), aunque no se refieren al área de estudio, han servido para entrar más en detalle en la interacción de minas y cavidades naturales, tan frecuente en la zona investigada.

Además de la presente investigación, los estudios más recientes se han centrado en las exploraciones espeleológicas de las grandes simas del Macizo Central y, principalmente, en los estudios geomorfológicos y de glaciario (Marquín y Adrados, 2000; Jiménez-Sánchez y Farias, 2002 y 2005; González-Trueba *et al.*, 2005; Alonso *et al.*, 2007; González-Trueba, 2005 y 2007; Moreno *et al.*, 2010; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2013; Serrano *et al.*, 2013).

1.4.2. VALORACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO MINERO

El término patrimonio en el ámbito industrial-minero está muy relacionado con la “desindustrialización” (Edwards y Llurdés, 1996) o más específicamente con el cese de las actividades. En el Reino Unido, uno de los países más industrializados de Europa y probablemente el más desarrollado del mundo a finales del siglo XIX, el “boom” del patrimonio se produjo entre los años 1970 y 1980, de forma paralela al desarrollo del propio turismo y un cierto sentimiento de nostalgia (Edwards y Llurdés, 1996). En el caso de la minería en Europa,

ésta empezó su declive en Europa Occidental en los años 1960 y en la Europa del Este después de 1990 (Wirth *et al.*, 2012) y paralelamente comenzó el desarrollo de los parques mineros, muchos de los cuales son coetáneos con el cierre de las minas, aunque esta circunstancia no ha sido lo habitual.

El patrimonio minero y arqueo-industrial está formado por todos aquellos restos heredados de actividades industriales y mineras que son importantes para la comprensión de la sociedad industrial en su conjunto o para mostrar el desarrollo y evolución de la actividad minera e industrial de un lugar (Benito, 1998 y Cañizares, 2003 en Carcavilla *et al.*, 2007) . Estos autores señalan también que existen diferencias entre el patrimonio geológico y el patrimonio minero, incluyendo en el primero de ellos las mineralizaciones de carácter singular o de interés metalogenético y considerando al patrimonio minero como un caso particular que se sitúa a medio camino entre el patrimonio geológico y el industrial.

Además de un complemento en el propio mercado turístico, el patrimonio minero supone un valor importante pues añade identidad local (Wirth *et al.*, 2012). El consejo de Europa ya recogía en 1989 el valor de los edificios y construcciones mineras como un patrimonio que ayuda a comprender la identidad industrial de Europa. Tanto en el ámbito del patrimonio minero material como inmaterial y puesta en valor de archivos mineros cabe destacar los trabajos de Habashi (2003a, 2003b y 2012).

Lejos de considerarse ya como pasivos mineros ambientales, las minas con un valor paisajístico o cultural son tenidas en cuenta a nivel global como parte del proceso de cierre o *Post Mining*. Son comunes los manuales que recomiendan la puesta en valor del patrimonio minero en los proyectos de manejo de minería abandonada (Minerals Council of Australia, 2010). El turismo minero, originariamente desarrollado en el Viejo Continente, Norteamérica y Australia, se ha “exportado” a Sudamérica, donde aún no existe una concienciación clara del Patrimonio Minero y donde la industria minera juega un rol primordial sobre el turismo en los sitios donde se desarrolla; cabe sin embargo destacar algunos lugares de extraordinario interés donde se están

desarrollando iniciativas tanto de visitas mineras como de investigaciones del patrimonio; destacar al respecto el trabajo de Pretes (2002) sobre Potosí. La concienciación mundial actual por la defensa del Patrimonio Minero y su puesta en valor queda reflejada en la lista de los 1000 Bienes de la UNESCO, donde hay 11 sitios propiamente mineros, además de otros muchos paisajes que incluyen elementos singulares mineros o ciudades mineras con minas en ellas y que son Patrimonio de la Humanidad, como Potosí en Bolivia, Kutna Hora, en República Checa o Banská Štiavnica, en Eslovaquia (UNESCO, 2015). El más antiguo sitio minero de la UNESCO es el de las Reales Minas de Sal de Wieliczka, en Polonia, declarado en 1978, incorporándose en 2012 tres lugares más, que fueron: la cuenca minera de la región Nord-Pas de Calais en Francia, los sitios mineros importantes de Valonia en Bélgica y el patrimonio del mercurio de Almadén e Idria, compartido entre España y Eslovenia. En nuestro país están, además, Las Médulas como paisaje minero, declarado Patrimonio de la Humanidad en 1997 (UNESCO, 2015). De todos modos, el turismo minero como tal sigue siendo relativamente joven (15–20 años de media a nivel global, frente a los 30 a 60 del turismo de cuevas por ejemplo (Garofano y Govoni, 2012).

Las iniciativas de defensa y divulgación del patrimonio geológico-minero

Las primeras iniciativas para la conservación de la geología en España, datan de principios del siglo XX (Durán *et al.*, 2005). La primera Ley española sobre Parques Nacionales fue promulgada en 1916, bajo mandato del rey Alfonso XIII (Inieta, 2001), el mismo rey que cuatro años antes había visitado las minas de Álava. Los primeros Parques Nacionales, que se crearon en 1918 (Montaña de Covadonga y Ordesa), fueron definidos por su excepcionalidad geológica (Nieto *et al.*, 2006). Incluso hoy en día, el medio para asegurar a largo plazo la protección del patrimonio geológico, es gestionarlo dentro de las figuras legales utilizadas en las áreas protegidas. Los Parques Nacionales parecen ser las más adecuadas para la protección integral del patrimonio geológico (Dinwall, 2000), aunque también se han utilizado otras como

los monumentos naturales. Perfectamente, podría aplicarse esta afirmación al patrimonio minero.

En España existen varias sociedades científicas cuyos objetivos son la investigación, divulgación y conservación del patrimonio geológico y minero. Las dos más importantes son la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España (SGE) y la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM). Esta última, desde su creación a principios de 1995, ha insistido en la necesidad de inventariar, catalogar, recuperar y poner en valor el Patrimonio Geológico y Minero, así como su utilización como recurso didáctico, y como elemento de promoción del turismo cultural y ecológico. Dicha sociedad ha publicado, en colaboración con el IGME, varios libros que reúnen numerosas ponencias y comunicaciones (Rábano, 2000; Rábano *et al.*, 2003; Rábano y Mata-Perelló, 2006; Florido y Rábano, 2010). La SEDPGYM cuenta también con un boletín periódico, *Re Metallica*, que ha fomentado y alentado la creación y difusión de una corriente conservacionista del Patrimonio Geológico y Minero, y que ha trascendido las fronteras de España recogiendo también las experiencias que en este sentido tienen lugar en Portugal e Hispanoamérica.

La SGE dispone de dos revistas semestrales, *Geogaceta* y la *Revista de la Sociedad Geológica de España*, una publicación asociada a congresos o reuniones, *Geo-Temas*, así como las *Geo-Guías*, con itinerarios geológicos en los lugares donde han tenido lugar las reuniones científicas auspiciadas por la SGE. A nivel internacional, destaca la publicación de la revista *Geoheritage* de la Asociación Europea para la Conservación del Patrimonio Geológico.

En la actualidad, se pueden visitar numerosos parques o enclaves protegidos con temática geológica, como son las cuevas, los bosques petrificados o las minas abandonadas. No hay que olvidar que la puesta en valor de un lugar, bien sea geológico, minero o de otra índole, tiene como objetivos tanto la protección y divulgación del propio patrimonio, como servir de recurso económico y de desarrollo sostenible de las comunidades circundantes del mismo (Orche, 2003; Jordá, 2014).

Son numerosas las publicaciones e iniciativas de puesta en valor del patrimonio geológico y minero. Sin embargo, la geología aún está bastante alejada de la sociedad respecto a otras disciplinas de las ciencias (Brilha, 2004; Gutiérrez-Marco, 2005). La labor de divulgación de la geología y del patrimonio geológico que realiza el colectivo vinculado a las Ciencias de la Tierra, tradicionalmente poco interesado en transmitir su conocimiento a un público no especializado (Carcavilla *et al.*, 2010), está aún lejos de ser una realidad extendida.

Por ello, ya en la Declaración de Girona (Durán *et al.*, 1998), se puso de manifiesto “*la necesidad de un impulso en lo relativo a su investigación, difusión y preservación, con una dimensión social importante, trascendiendo los ámbitos especializados*”. En cuanto a la minería, su vinculación por parte de la sociedad, con problemas medioambientales principalmente, no ha contribuido a que fuera sencilla la labor de divulgación y puesta en valor del patrimonio minero.

En los últimos años, la proliferación de un turismo geológico y minero, se ha ido extendiendo gracias a iniciativas de creación de espacios patrimoniales de temática geológica con una fuerte vinculación social e histórica, como son los Geoparques y con la inclusión de paneles temáticos explicativos geológicos o mineros, en zonas que ya cuentan con afluencia de turistas, como es el caso de los espacios naturales protegidos (Carcavilla *et al.*, 2007).

El turismo vinculado a minas abandonadas supone principalmente un recurso económico y social en aquellas comarcas en las que el cierre de la actividad minera ha provocado el declive de las mismas. El diseño de parques mineros y minas turísticas puede ser una alternativa dentro de los proyectos de cierre de minas (Orche, 2003; Carvajal *et al.*, 2006). Quizás, el ejemplo más claro se puede encontrar en las minas de carbón de Teruel, en las zonas de Escucha y Andorra. En esta última, la iniciativa de continuar con la actividad minera mediante el turismo y la divulgación, ha partido de un colectivo de voluntarios, antes trabajadores de las minas, que han convencido a las autoridades locales y regionales para que se lleve a cabo la rehabilitación de la zona del Pozo San Juan.

En el lado opuesto, por ejemplo, encontramos proyectos dirigidos desde la administración regional o incluso nacional con grandes fondos que permiten unas rehabilitaciones a gran escala y donde entran en juego empresas destacadas del mundo de la minería (Jordá *et al.*, 2010).

En la Tabla 2 se muestran algunas de las principales minas turísticas y proyectos españoles.

Comunidad autónoma	Provincia- localidad	Nombre	Tipo de mina/ proyecto
Andalucía	Huelva-Riotinto	Museo de las minas de Riotinto	Mina rehabilitada
	Jaén-Linares	Parque minero de Linares	En proyecto
	Granada-Motril	Parque geominero del Cerro del Toro	Mina rehabilitada
Aragón	Teruel-Escucha	Mina de carbón de Escucha	Mina rehabilitada
	Teruel-Andorra	Pozo San Juan	Mina rehabilitada
Asturias	Asturias-El Entrego	Museo minero mina del Entrego Mumi-Pozo San Vicente	Mina imagen con conexión al pozo San Vicente
	Asturias-Cangas de Onís	Minas de Buferrera – Lagos de Covadonga	Mina rehabilitada
	Asturias-Arno	Mina de carbón de Arno	Mina rehabilitada
	Asturias-concejo de Laviana	Minas de Coto Musel	Mina rehabilitada
Cantabria	Cantabria- Celis Rionansa	Mina de la Florida – Cueva de El Soplao	Mina parcialmente rehabilitada
Castilla la Mancha	Cuenca-Torrejoncillo del Rey	Mina de lapis specularis de la Mora Encantada	En proyecto
	Cuenca-Cueva del Hierro	Cueva del Hierro	Mina rehabilitada
	Ciudad Real-Puertollano	Museo minero del carbón de Puertollano	Mina imagen
	Ciudad Real- Almadén	Parque minero de Almadén	Mina rehabilitada
	Guadalajara-Hiendelaencina	Minas de plata de Hiendelaencina	En proyecto
Castilla y León	Palencia-Barruelo de Santullán	Mina de carbón de Barruelo de Santullán	Mina imagen
	Salamanca-Navasfrías	Turibat- mina Salmantina	Mina rehabilitada
	Burgos-Belorado	Minas de manganeso de Puras de Villafranca	Mina rehabilitada
	León-Fabero	Minas de carbón de Fabero	Mina imagen
Cataluña	Barcelona-Gavá	Minas neolíticas de Gavá	Mina rehabilitada
	Barcelona-Cardona	Mina de Cardona-montaña de sal	Mina rehabilitada
	Girona-Villa de Cercs	Mina de carbón de Cercs	Mina rehabilitada
	Girona-Guardiola de Berguedà	Mina de petroli de Riutort	Mina rehabilitada
	Girona-Palafrugell	Mina de barita y galena D'en Torrent	Mina rehabilitada
	Girona-Ogassa	Mina de carbón de Surroca	Mina rehabilitada
	Lleida-Valle de Arán	Mina de cinc Victoria	Mina rehabilitada

	Lleida-Peramea	Mina de cobalto Solita	Mina rehabilitada
	Tarragona-Bellmunt del Priorato	Mina de plomo Eugenia	Mina rehabilitada
Extremadura	Badajoz- Fuente del Arco	Mina de hierro de la Jayona	Mina rehabilitada
	Badajoz- Burguillos del Cerro	Mina Monchi	En proyecto
	Badajoz-Santa Marta	Minas de Santa Marta	En proyecto
	Badajoz-Azuaga	Minas de las Musas y Plasenzuela	En proyecto
	Cáceres-Aliseda	Mina Pastora	Mina rehabilitada
	Cáceres-Logrosán	Mina Costanaza	Mina rehabilitada
Galicia	Pontevedra-Vila de Cruces	Parque temático de la minería de Galicia	Mina imagen
Madrid	Madrid-Bustarviejo	Mina de plata de Bustarviejo	En proyecto
	Madrid-Colmenarejo	Mina Antigua Pilar	En proyecto
	Madrid-Madrid	Mina Marcelo – Jorissen	Mina imagen
Murcia	Murcia-La Unión	Minas de la Unión (las Matildes y Agrupa Vicenta)	Mina rehabilitada
	Murcia-Jumilla	Jumilla	En proyecto
	Murcia-Cartagena	Cueva Victoria	Cueva - mina en proyecto
País Vasco	Guipúzcoa-Oiartzun	Minas de Arditurri	Mina rehabilitada
	Vizcaya-Carranza	Carranza	En proyecto

Tabla 2: Listado de las principales minas turísticas españolas. Modificado de Jordá *et al.* (2010).

En la actualidad existen más de treinta minas visitables en España, y un número similar de proyectos, con infraestructuras mineras, se están desarrollando con el propósito de su rehabilitación. El turismo minero es, hoy en día, una alternativa dentro del turismo rural. Un indicador claro es el número creciente de profesionales de la geología y la minería que se dedican actualmente a proyectos de rehabilitación, tanto de minas como de senderos mineros, habiéndose creado incluso empresas especializadas en el sector. Dado que ya existe un cuerpo doctrinal en la materia y empresas con un bagaje más que considerable, se debería exigir un historial y competencias profesionales a los técnicos que acometan este tipo de actuaciones (Puche, 2006; Jordá *et al.*, 2010).

Algunas de las minas de la Tabla 2 se encuentran rehabilitadas con un sistema de visitas similar al que se propone en esta investigación, como son Buferrera en los Lagos de Covadonga o algunas de las galerías de Navasfrías. De Pb-Zn se visita una galería de 300 metros de recorrido en la mina de las Palomas en el parque geomínero del Cerro del Toro (Motril, Granada), la mina Victoria en el Valle de Arán (Lleida), también con una galería de 300 metros (Amaré y Orche, 2011) y la Cueva del Soplo-Minas de la Florida (Cantabria), aunque en este caso el recorrido se realiza en la práctica totalidad por la zona kárstica y no por el complejo minero. La sierra minera de Cartagena-La Unión, encierra una de las mayores acumulaciones de Pb-Zn de España (Manteca *et al.*, 2005); sin embargo en las minas que pueden visitarse la paragénesis no tiene nada que ver con la del área de este estudio, puesto que se trata principalmente de minas de hierro y estaño.

En la misma provincia de Cantabria destacan los yacimientos de Pb-Zn de Ándara (Macizo Oriental), Udías, Reocín y las ya mencionadas de La Florida. Las minas de Ándara, explotadas principalmente por las empresas La Providencia y Mazarrasa (Gutiérrez-Sebares, 2007) comparten similitudes tanto metalogenéticas como históricas con las minas del área de estudio. Las minas de Udías, con un posible origen romano (Naranjo y Garza, 1873), fueron explotadas desde 1855 hasta mediados de los años 60 del siglo XX por la R.C.A.M (Sierra, 2004). La mina de Reocín, perteneciente a la misma compañía, fue la principal explotación de Pb-Zn de Cantabria y la última en cerrar en el año 2003; el Paisaje Minero de Reocín forma parte del Patrimonio Industrial de Cantabria desde 2004 y podría contemplar dentro de las antiguas instalaciones de la mina un futuro museo minero (Cueto, 2009).

Junto con las numerosas asociaciones locales que se dedican a la protección del patrimonio de su entorno, cabe destacar otra sociedad, que a nivel nacional, tiene como objetivo el fomentar el turismo subterráneo. La Asociación de Cuevas Turísticas Española (ACTE) se dedica a la divulgación y fomento del turismo sostenible vinculado a cavidades. Hoy en día, en los congresos y seminarios que ACTE organiza, está siempre presente el turismo minero y la puesta

en valor de su espacio subterráneo. En el año 2014, ACTE impulsó la creación de la Asociación Iberoamericana de Cuevas Turísticas (ACTIBA), cuyos fines son la puesta en valor de cuevas y minas turísticas en el ámbito iberoamericano, desde la óptica de la conservación, la investigación y el desarrollo sostenible.

En lo referente a la valoración del patrimonio geológico, cabe destacar en España, la obra de Cendrero (1996 y 2000), quien en sus trabajos agrupa los criterios a considerar en tres tipos principales, que reflejan tres grandes categorías de cualidades a tener en cuenta en la catalogación, protección y utilización del patrimonio geológico. Junto a éstos, los trabajos de Carcavilla *et al.* (2007) y García-Cortés y Carcavilla (2013), han constituido la base y punto de partida para el inventario y posterior valoración del patrimonio en esta investigación.

Para la valoración del patrimonio minero, a pesar de que se lleva trabajando unas decenas de años en proyectos de puesta en valor, no existía, hasta hace poco, una metodología con criterios objetivos que sirviese de guía. Es a principios del presente siglo cuando aparecen los primeros manuales metodológicos para la valoración del Patrimonio Minero (Pearson y McGowan, 2000; Armesto y Orche, 2002). Existen trabajos realizados en diferentes regiones como en el Valle de Alcudia en Ciudad Real (IGME, 2003), Rodalquilar en Almería (Hernández-Ortiz *et al.*, 2005), Sierra Minera Cartagena-La Unión en Murcia, El Bierzo en León o la Sierra de Guadarrama en Madrid (Jordá-Bordehore, 2008). Esta última contribución, marca una línea de investigación clara para los inventarios y los estudios de la minería antigua subterránea.

A nivel de comunidades autónomas se han realizado los inventarios y catalogación del patrimonio minero de Cataluña, Galicia y Extremadura (Puche *et al.*, 2011; Alberruche, *et al.*, 2012). Uno de los hitos más destacados de los últimos años ha sido la elaboración de la “Carta de El Bierzo sobre Patrimonio Industrial Minero en España”, cuyo objetivo era obtener un documento en el que se establecieran unos mínimos metodológicos para la intervención de las Administraciones Públicas en el Patrimonio Industrial y Minero (Alberruche *et al.*, 2012).

Estudios y propuestas desarrollados en el ámbito patrimonial en el área de estudio

En el siglo XX no aparecen demasiadas referencias claras sobre el área de estudio en la temática sobre patrimonio geológico o minero, por lo que la documentación bibliográfica es escasa. Como excepción podemos destacar algunos trabajos como el de Pidal y Zabala (1918) que hace mención a la minería de aquel momento en la zona de estudio. Muy detalladas son las menciones que se hacen de los caminos y transportes mineros, así como la descripción del viaje del rey Alfonso XIII y la construcción del denominado Chalet Real, situado en el paraje de Áliva.

Los trabajos más importantes realizados en cuanto a estudios de recopilación histórica de la minería son “*La minería en los Picos de Europa*” (Gutiérrez y Luque, 2000) y “*El Metal de las cumbres. Historia de una sociedad minera en los Picos de Europa*” (Gutiérrez-Sebares, 2007).

En el año 2006, García García, en el prólogo del número 17 de la revista Bocamina (Gómez *et al.*, 2006) realiza la primera denuncia pública sobre el abandono, deterioro y el expolio al que está sometido este entorno minero que es conocido mundialmente, porque de allí se extrajeron los mejores ejemplares de blenda acaramelada que pueden verse hoy en numerosos museos nacionales y extranjeros.

Jordá *et al.* (2008) en el congreso de ACTE celebrado en Santander, dieron a conocer el inventario preliminar de labores mineras realizado en el entorno de las minas de Áliva.

González-Trueba y Serrano (2008a) publican una metodología, siguiendo esencialmente los criterios de Cendrero (2000), de valoración y evaluación del patrimonio de los Lugares de Interés Geomorfológicos, aplicándolo al Parque Nacional de los Picos de Europa. Como resultado, identificaron un total de 22 Lugares de Interés Geomorfológico (Figura 17), seis de ellos en el área de estudio de la presente tesis:

- Morfoestructura cabalgante del Pico de Peña Vieja.
- Complejo glaciar de Fuente Dé-Pido.

- Circos y morrenas de Áliva.
- Complejo glaciar de Lloroza.
- Polje de la Vega de Liordes.
- Taludes y conos de derrubios de la Vueltona.



Figura 17: Lugares de Interés Geomorfológico del Macizo Central de los Picos de Europa. El recuadro rojo marca la superficie del área de estudio de la presente tesis. Los recuadros verdes los Lugares de Interés Geomorfológico dentro de esta área. Modificado de González-Trueba y Serrano (2008a).

Entre los años 2008 y 2009, técnicos del Parque Nacional de Picos de Europa realizan el proyecto “Cierres de seguridad en las minas de Áliva. T.M. de Camaleño (Cantabria). P.N. Picos de Europa. Años 2008-2009”, inventariando algunas labores mineras (Figuras 18 y 19) y en julio-agosto de 2009 se vallan cuatro pozos que tienen su origen en el colapso de galerías y nueve pozos de ventilación, al tiempo que se cierra el acceso a la mina de Las Mánforas.

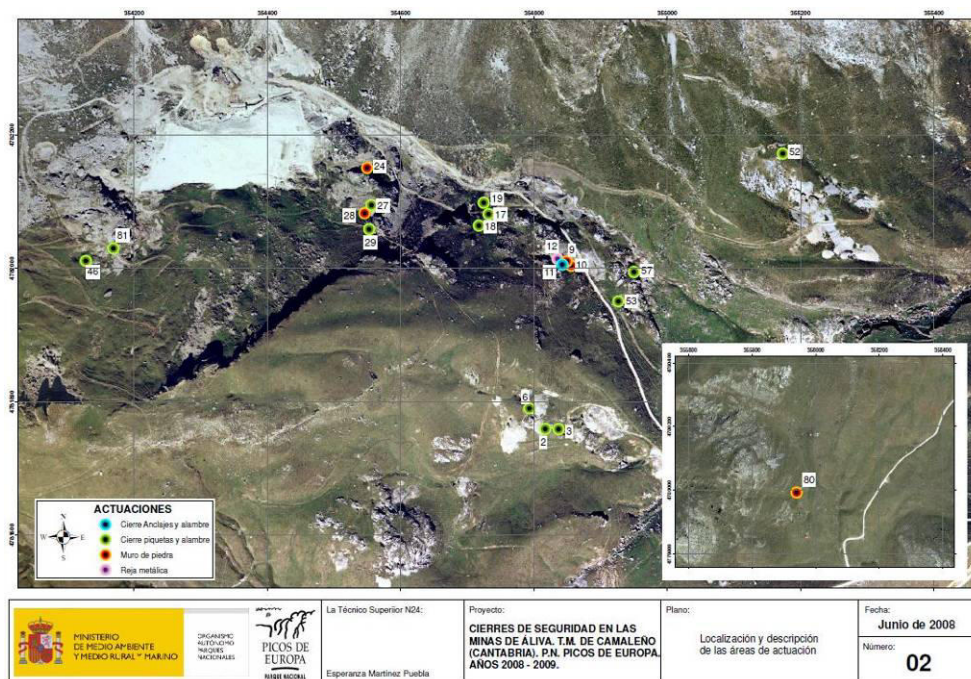


Figura 18: Intervenciones llevadas a cabo por técnicos del Parque Nacional de Picos de Europa en las bocaminas del sector de Áliva

	Nº 27 y 27bis: Bocamina
	Descripción: Bocamina – Sima, peligrosidad media. Dos bocas. Riesgo de caídas. Existen cierres.
	Solución: Retirar cierre existente. 20 m de cierre nuevo. 6 postes/3 tomapuntas.

Figura 19: Ejemplo de ficha técnica para el inventario de labores mineras llevada a cabo por el Parque Nacional de Picos de Europa.

La empresa CANTUR, que gestiona el teleférico de Fuente Dé y el Hotel-Refugio de Áliva ha impulsado pequeñas iniciativas de rutas en el Macizo Central desde el año 2008, como son:

-Oferta de un itinerario autoguiado titulado: “*Ruta por los Picos de Europa. Morfología glaciar del parque*”. Se realiza desde la estación superior del teleférico.

-Oferta de otro itinerario autoguiado titulado: “*Cueva de hielo de Peña Castil, La Padiorna y Cabaña Verónica*”.

-Edición del folleto “*Cuaderno de Campo*”, donde aparecen algunas reseñas de la minería de la zona (Figura 20).

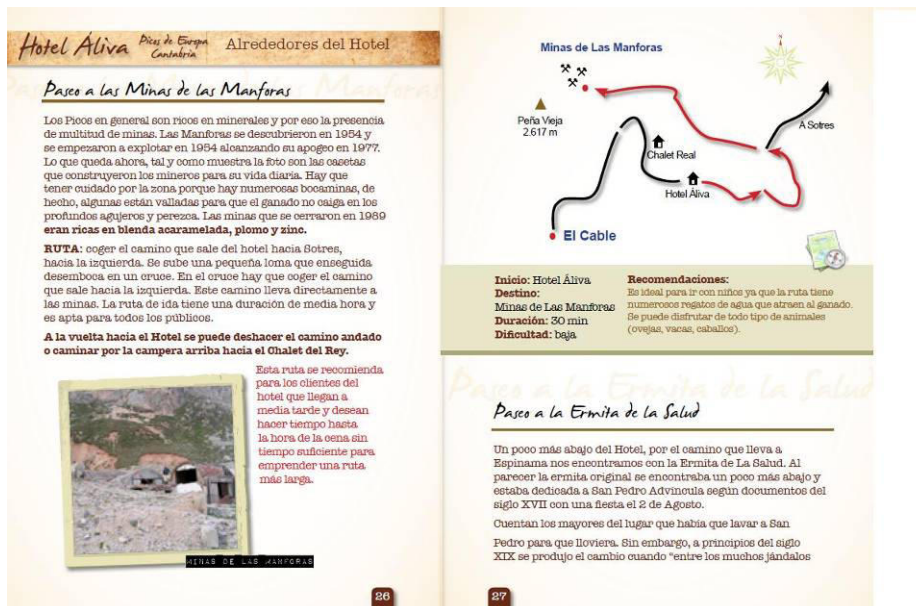


Figura 20: Itinerario a las minas de Las Mánforas dentro del cuaderno de campo del Hotel-Refugio de Áliva

El informe interno elaborado por la empresa Sociedad Asturiana de Diversificación Minera (SADIM): “*Arnao, el patrimonio geológico y minero como itinerario turístico-cultural*” (Laine *et al.* 2010), hace mención al transporte de los minerales desde Picos de Europa a la fábrica de Arnao.

Ese mismo año, el IGME y el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN), editan dentro de la colección de Guías Geológicas de Parques Nacionales, la “*Guía Geológica del Parque Nacional de los Picos de Europa*”, con el fin de divulgar el patrimonio geológico y fomentar el conocimiento de su geodiversidad. La segunda edición se publicó en el año 2012. Entre los itinerarios que se proponen, la ruta 7 cuenta con dos paradas en la zona de las minas de Liordes

y en la ruta 10, las paradas de la 1 a la 10 discurren desde el cable de Fuente Dé a la zona de Áлива, pasando por el sector de Lloroza.

Igualmente, el IGME, en base a la Ley 42/2007, realizó el inventario de Lugares de Interés Geológico (LIG's) a nivel nacional, correspondiendo a la zona de estudio siete LIG's:

- 81004. Complejo glaciar de Fuente Dé-Pido
- TMP095. Complejo glaciar de Lloroza
- TMP102. Taludes y conos de derrubios de La Vueltona
- TMP092. Morfoestructura cabalgante de pico Peña Vieja
- TMP103. Gonfolitas del Duje
- 56004. Circos y morrenas de Áлива (morrena de la Lomba)
- TMP107. Yacimiento de Zn-Pb de Áлива

Las fichas correspondientes a estos LIG's se encuentran en el anejo 5.

La editorial Desnivel, en 2011, publicó el libro *“Los Urrieles, Guía completa de excursiones y ascensiones”* (Atela, 2011), un compendio de itinerarios por todo el Macizo Central. Esta editorial ha publicado numerosos libros sobre actividades de naturaleza y excursionismo en los Picos de Europa.

También en el año 2011, la revista De Re Metallica, editada por la SEDPGYM publicó el trabajo titulado *Propuesta de itinerario geominero en las minas de Áлива (Parque Nacional de Picos de Europa, Cantabria)* (Jordá y Jordá-Bordehore, 2011).

2. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

2.1. CONTEXTO GEOLÓGICO GENERAL DE LOS PICOS DE EUROPA

Desde el punto de vista tectonoestratigráfico y según la clásica división del Macizo Ibérico realizada por Lotze (1945), el área de estudio se sitúa en la Zona Cantábrica (ZC).

La ZC es la zona más externa del Macizo Ibérico y está situada en el núcleo del Arco Ibero-Armoricano. Su límite occidental es el Antiforme del Narcea, que le separa de la Zona Asturoccidental-leonesa (ZAOL) (Truyols y Julivert, 1976) y marca la transición a las zonas internas del orógeno. El Cabalgamiento de La Espina, que recorre longitudinalmente el núcleo de dicho antiforme indica el límite entre estas dos zonas (Bastida y Gutiérrez-Alonso, 1989). Hacia el norte, la ZC está limitada por la costa cantábrica, y al E y S por la cobertera mesozoico-cenozoica de la Cuenca Cantábrica y de la Cuenca del Duero. Solamente el límite oriental de la ZC está asociado a la tectónica varisca; los otros límites son debidos a la tectónica alpina (Bastida, 2004).

La deformación interna es escasa y el clivaje está ausente en la mayor parte de la ZC. Sólo se encuentra bien desarrollado en las rocas precámbricas del Antiforme del Narcea y en el sector costero de las Unidades Occidentales (Julivert, 1976), así como en la parte sur de la Cuenca Carbonífera Central y en la Unidad del Pisuerga Carrión (Bastida, 2004).

La evolución de la mayor parte de la ZC tuvo lugar en condiciones diagenéticas, y sólo algunas áreas sufrieron un metamorfismo de grado bajo o muy bajo. Se distinguen cuatro tipos de metamorfismo, dos relacionados con el metamorfismo regional varisco que afectó al noroeste de la Península Ibérica, de los cuales, uno orogénico en la parte occidental de la ZC y otro metamorfismo de enterramiento en la parte basal de los mantos; y los otros dos como resultado de un mismo episodio térmico tardi-varisco, un metamorfismo diatérmico en las partes central y sureste de la ZC y un metamorfismo de contacto asociado a pequeños cuerpos intrusivos (Bastida *et al.*, 2002).

En la ZC existe una secuencia casi completa de rocas paleozoicas, dispuestas de manera discordante sobre las rocas precámbricas del Antiforme del Narcea (Lotze, 1956). Se han diferenciado dos secuencias (Julivert, 1978; Marcos y Pulgar, 1982) cuyo límite coincide aproximadamente con el límite Devónico-Carbonífero:

-Secuencia preorogénica; consiste en una alternancia de rocas carbonáticas y siliciclásticas, principalmente en facies marinas someras. Presenta forma de cuña, disminuyendo progresivamente hacia el este como consecuencia del adelgazamiento e incluso desaparición de las rocas silúrico-devónicas hacia la zona de estudio.

-Secuencia sinorogénica; caracterizada por una gran variación de facies y espesores, y constituida, en gran parte, por cuñas clásticas resultantes del relleno de las cuencas frontales de las principales unidades cabalgantes (Bastida, 2004).

Por sus características estratigráficas y estructurales (Julivert, 1971), la ZC ha sido dividida en las siguientes unidades: Unidades Occidentales y Meridionales, Cuenca Carbonífera central, Unidad del Ponga, Unidad de Picos de Europa y Unidad de Pisuergra-Carrión. De las unidades anteriores, tan solo tres de ellas están presentes en los Picos de Europa, siendo la mejor representada la Unidad Picos de Europa. Además de ésta, se reconocen la Unidad del Pisuergra-Carrión y la Unidad del Ponga, ambas situadas al sur del Parque, en los valles de Sajambre, Valdeón y Liébana.

Al estar, tanto el área de estudio, como la gran mayoría de la superficie del Parque Nacional, formada por materiales de la Unidad Picos de Europa (Figura 21), la descripción general se hará sólo de esta unidad.

La sucesión estratigráfica (Figura 22) se inicia en el Cámbrico, con materiales carbonáticos y pizarrosos de origen marino que se incluyen en las Formaciones Láncara y Oville (Compte, 1937), seguidos de las areniscas de la Formación Barrios, ya pertenecientes al Ordovícico y que corresponden a una sedimentación en ambiente deltaico (Aramburu y García Ramos, 1993).

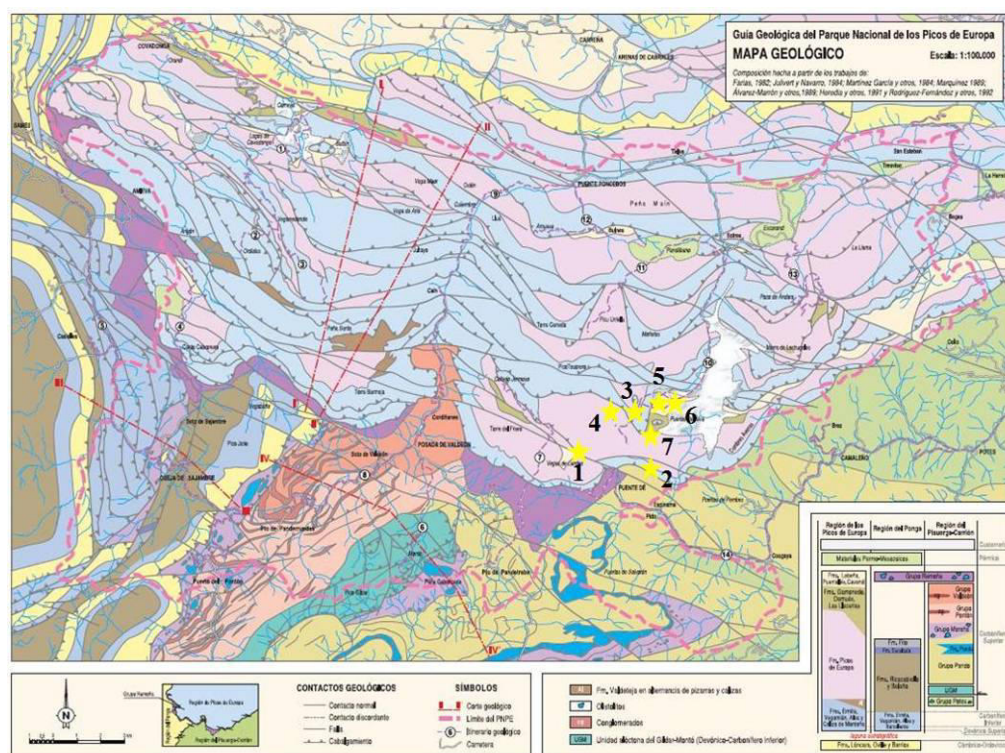


Figura 21: Mapa geológico de los Picos de Europa con las principales labores explotadas del área de estudio. Sector de Liordes (1), Fuente Dé (2), grupo minero de Las Gramas (3), grupo minero de Altaiz (4), grupo minero de Las Mánforas (5), grupo minero del Duje (6) y grupo minero de Horcadina de Covarrobres (7). En colores rosados y celestes las unidades carboníferas, superpuestas mediante cabalgamientos (base cartográfica de Rodríguez-Fernández, 2012).

Posteriormente, se reconoce una importante laguna estratigráfica, en la cual, bien debido a una ausencia de sedimentación o a una etapa erosiva, nos encontramos ante la falta de materiales de gran parte del Ordovícico, Silúrico y casi todo el Devónico.

Los materiales que se suceden ya a finales del Devónico y en el Carbonífero muestran un período transgresivo con sedimentos de origen marino. Tras las Formaciones Ermita y Baleas, de escasa potencia, se inicia una sucesión de depósitos, inicialmente pelágicos con facies someras (Formación Alba o “Caliza Griotte”), seguidos por las potentes sucesiones carbonáticas de las Formaciones Barcaliente, Valdeteja y Picos de Europa, las cuales constituyen la mayor parte de los promontorios calcáreos del Parque, llegando a alcanzar una potencia superior a los 1500 metros (Martínez y Marquínez, 1984) (Figura 22).

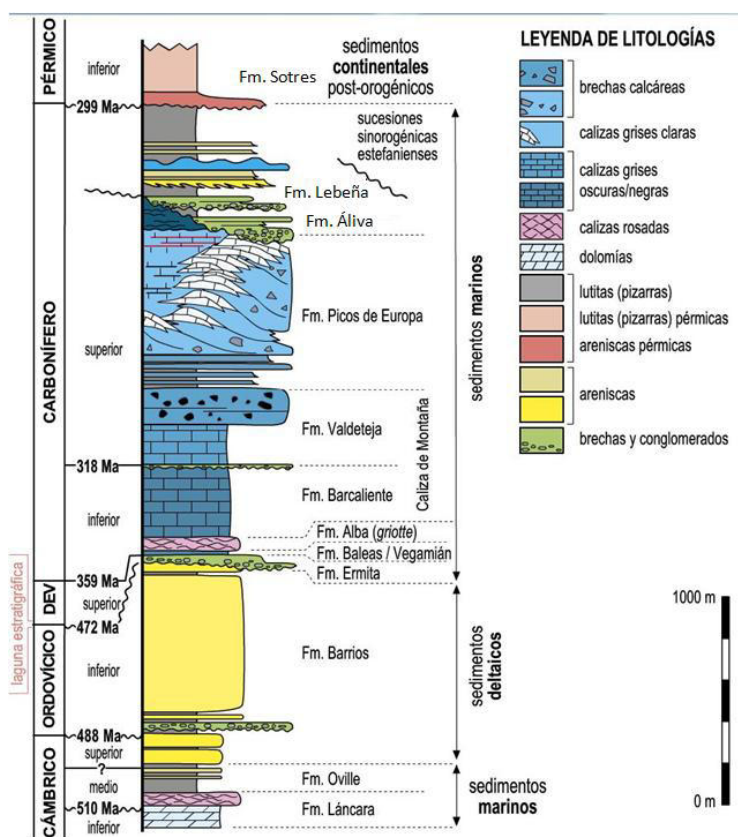


Figura 22: Columna estratigráfica general de los Picos de Europa (Modificado de Rodríguez-Fernández, 2012).

A finales del Carbonífero, durante el Estefaniense, se produce un cambio brusco en las condiciones de sedimentación, correspondiendo a un período tectónico muy activo. Encontramos sedimentos sinorogénicos de carácter turbidítico (Martínez-García y Villa, 1999), inicialmente, los materiales de la Formación Áliva (Maas, 1974), constituidos principalmente por pizarras y areniscas y sobre ella los conglomerados calcáreos y areniscas de la Formación Lebeña, correspondientes a un período de mayor actividad tectónica. Ambas formaciones se encuentran depositados de manera discordante sobre la Formación Picos de Europa (Maas, 1974).

Durante este período se generan los cabalgamientos y pliegues principales, produciéndose un engrosamiento notable y el consecuente levantamiento de la cordillera correspondiente a esta etapa compresiva (Rodríguez-Fernández, 2012); tras la cual, en el Carbonífero final y el

Pérmico encontramos sedimentos tardiorogénicos continentales, que muestran un desmantelamiento de dicha cordillera. Se trata de los materiales de la Formación Sotres (Martínez-García y Villa, 1999).

La Orogenia Alpina, conformó de nuevo una gran cordillera, producto de la reactivación de los antiguos cabalgamientos, pliegues y fallas y generando nuevas fallas y cabalgamientos (Bastida, 2004).

Durante el Cuaternario se produce el encajamiento de los ríos y las etapas glaciares que llevaron incluso a la formación de un pequeño casquete glaciar en los Picos de Europa (González-Trueba 2005 y 2007; Serrano *et al.*, 2013) que dejaron su impronta en el relieve.

La acción conjunta de los distintos procesos morfodinámicos erosivos acaecidos en los últimos dos millones de años, conformaron paulatinamente el modelado, hasta llegar al relieve actual (Jiménez-Sánchez y Farias, 2005).

2.2. TECTÓNICA

El paisaje abrupto que conforman los Picos de Europa es producto, en primera instancia, de una tectónica intensa. El apilamiento frágil de las grandes masas carbonáticas y la intensa deformación dúctil tuvieron lugar de manera periférica durante las Orogenias Varisca y Alpina.

La estructura de la ZC está constituida esencialmente por cabalgamientos y pliegues relacionados con ellos, que convergen hacia el núcleo del Arco Astórico y presentan un desplazamiento acumulado que en la ZC supera los 150 km (Pérez-Estaún *et al.*, 1988). Se formaron durante el Carbonífero en un régimen de tectónica de piel fina, como lo atestigua la falta de deformación interna y de metamorfismo en las rocas.

El nivel principal de despegue está localizado cerca de la base de las formaciones Láncara y Alba; no obstante, en profundidad los cabalgamientos basales de las unidades mayores llegan a

cortar rocas precámbricas del Antiforme del Narcea. La sucesión sinorogénica está constituida por varias cuñas clásticas que datan el emplazamiento de las unidades alóctonas mayores de la ZC (Marcos y Pulgar, 1982). Estas cuñas son el resultado del relleno de cuencas formadas en el frente de las unidades cabalgantes mayores (Julivert, 1978; Marcos y Pulgar, 1982).

La edad de los depósitos sinorogénicos indica que el movimiento de las primeras unidades cabalgantes (unidades de Somiedo-Correcilla y Esla-Valrsuvio) tuvo lugar durante el Westfaliense B-C (Arbolea, 1981; Alonso, 1987), mientras que el movimiento de la última unidad cabalgante mayor (Unidad de los Picos de Europa) se produjo en el Kasimoviense-Gzeliense (Marquínez, 1978; Rodríguez-Fernández, 1994). Su dirección de desplazamiento es muy distinta del resto de las unidades que conforman la Zona Cantábrica, estando dirigida fundamentalmente hacia el sur (Pérez-Estaún *et al.*, 1988).

En la ZC se han distinguido pliegues de distintas geometrías. De acuerdo con su relación con el Arco Astórico, han sido separados el sistema longitudinal y el sistema radial (Julivert, 1971; Julivert y Marcos, 1973), normalmente desarrollados en relación con el desplazamiento de los cabalgamientos (Bastida, 2004). Existen, además, algunos pliegues longitudinales que han sido interpretados como pliegues de despegue, formados sobre rellanos de cabalgamientos (Alonso, 1987), así como pliegues de propagación de falla (Bastida, 2004).

Al final de la Orogenia Varisca tuvo lugar un acortamiento en la dirección N-S que produjo un apretamiento de los pliegues formados previamente en relación con los cabalgamientos. Durante este episodio se produjo el movimiento principal de la Unidad de Picos de Europa (Bastida, 2004). La orientación actual de las direcciones de emplazamiento de las unidades muestra una convergencia hacia el núcleo del Arco Astórico (Pérez-Estaún *et al.*, 1988).

Durante el Pérmico y el Mesozoico tiene lugar un episodio extensional ligado a la apertura del Atlántico y Golfo de Vizcaya (García-Mondejar, 1989); en esta época podrían haberse reactivado como fallas normales algunas estructuras variscas. Se generan las cuencas

mesozoicas cubriendo el relieve ya arrasado de la Cordillera Varisca (Rodríguez-Fernández, 2012).

Las fallas alpinas afectaron a los cabalgamientos variscos, cortándolos y desplazándolos o incluso dando lugar a la reactivación de algunos de ellos (Tosal, 1968). Todo ello estuvo asociado a un nuevo acortamiento N-S y al levantamiento de la cordillera. Tal deformación no ha llegado a enmascarar los rasgos principales de la deformación varisca en la Cordillera Cantábrica (Bastida, 2004).

En la ZC, además de los cabalgamientos existen otro tipo de fallas. Algunas de las situadas en la parte meridional de la ZC han sido interpretadas como fallas *tear*, relacionadas con el emplazamiento de cabalgamientos, aunque han sido reactivadas varias veces, como es el caso de la Falla del Porma (Alonso, 1987). La falla de León y de Sabero-Gordón presentan un trazado E-O y son otras dos fallas importantes de la parte meridional de la ZC (Bastida, 2004). Existen además fallas postvariscas, entre las que destaca la Falla de Ventainella, que atraviesa completamente la ZC con una dirección NO-SE (Figura 23).

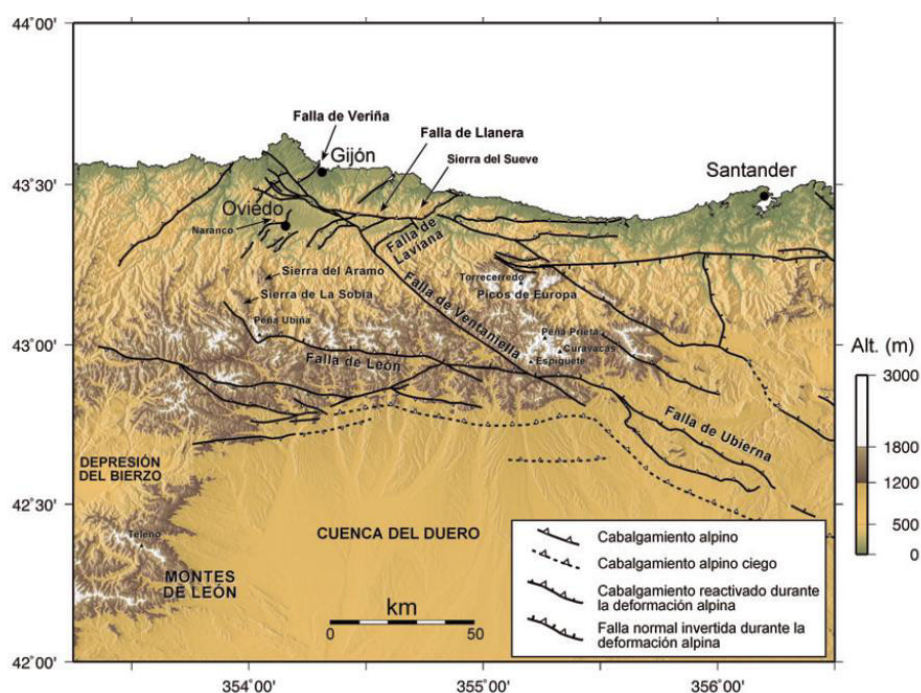


Figura 23: Modelo digital de elevaciones en la ZAOL y ZC y principales estructuras tectónicas alpinas (Alonso *et al.*, 2007).

Más centrada en la zona de estudio, la Unidad de Picos de Europa, está constituida por un sistema imbricado de cabalgamientos cuyas escamas más meridionales están formadas casi exclusivamente por rocas carboníferas (Marquínez, 1978 y 1989; Farias, 1982). La Unidad de Picos de Europa está cabalgada por la Unidad del Ponga al norte, y cabalga a esta unidad al suroeste y a la Unidad de Pisuergra-Carrión al sur. Los cabalgamientos de los Picos de Europa son fallas lítricas dirigidas hacia el sur que convergen hacia un cabalgamiento basal localizado principalmente en los niveles inferiores de la sucesión carbonífera. La ausencia de pliegues es un rasgo característico de esta unidad, y es probablemente debido al poco desarrollo de estratificación (Farias y Heredia, 1994).

2.3. GEOLOGÍA DEL MACIZO CENTRAL

2.3.1. GENERALIDADES

El área investigada está emplazada en la Unidad de Picos de Europa, que se caracteriza principalmente por la presencia de un sistema imbricado de escamas con orientación E-O que están constituidas fundamentalmente por rocas carbonáticas del Carbonífero. Con posterioridad a la imbricación, los materiales han sido afectados por una importante fracturación con la generación de numerosas fallas subverticales con una dirección dominante N 105° E a N 120° E (Gómez *et al.*, 2006).

Las calizas del Carbonífero son sin duda las rocas más abundantes del Macizo Central y también las que dan lugar a las morfologías que constituyen los grandes picos que conforman su relieve. Sin embargo, aunque menos llamativos y menos frecuentes, también aparecen otros materiales paleozoicos representados por pizarras y areniscas.

La primera formación carbonífera que encontramos en el área de estudio es la “Caliza Griotte” o Formación Alba (Compte, 1959), fácilmente reconocible por sus delgados estratos de caliza

rojiza. De esta unidad litoestratigráfica existen afloramientos notables en la cima de Peña Vieja o en el camino de la Vueltona a Horcados Rojos.

Por encima de esta formación, aparecen las unidades carboníferas en las que se encuentran las mineralizaciones (Barcaliente, Valdeteja y Picos de Europa principalmente), constituidas esencialmente por cinc y plomo (Luque *et al.*, 1990), con un origen ligado a la intensa fracturación producida en el período tardivarisco (Figura 21). Durante este período y tras los procesos de dolomitización, los fluidos mineralizadores han ido encajándose a modo de bolsadas a favor de las zonas de debilidad.

Las mineralizaciones están asociadas a zonas de fracturas, siendo la falla del Duje la que da lugar a las mayores áreas de concentración mineral en la principal mina del Macizo Central, Las Mánforas. Por encima de estas formaciones carbonáticas se depositó una secuencia de materiales siliciclásticos (formaciones Áliva y Lebeña).

Discordantes sobre los materiales paleozoicos, existen diferentes tipos de sedimentos cuaternarios, fundamentalmente de origen glaciar o periglacial, de ladera y arroyada, y exo y endokársticos. En las cercanías de las zonas mineralizadas, como producto de la acción erosiva tanto de la época glaciar como más reciente, los filones ricos en minerales han llegado a ser desmantelados y acumulados en el interior de cavidades kársticas.

Durante el Cuaternario, los Picos de Europa, a pesar de no contar con grandes elevaciones (la montaña más alta es el pico de Torrecerredo de 2650 msnm y en el área de estudio el pico de Peña Vieja con 2617 msnm), fueron testigos de un intenso glaciarismo. Las masas de hielo que cubrieron la zona dieron lugar a un total de 24 glaciares (Serrano *et al.*, 2013), los cuales al retirarse dejaron numerosas morfologías y sedimentos que evidencian dicho pasado glaciar. Los depósitos glaciares y periglaciares que observamos bajo los farallones corresponden tanto a pequeñas morrenas frontales, como a conos de derrubios o a deslizamientos, denominados localmente “argayos”, producidos principalmente por la acción del agua y el hielo.

2.3.2. UNIDADES MINERALIZADAS

Como ya se ha indicado anteriormente, es en las formaciones carboníferas carbonáticas (Luque *et al.*, 1990), Barcaliente y Valdeteja (Caliza de Montaña) y Picos de Europa donde aparecen la mayor parte de los depósitos minerales, principalmente en ésta última (Figura 24). En las pizarras situadas inmediatamente por encima de la Formación Picos de Europa se localizan de manera diseminada algunas mineralizaciones de pequeña entidad.

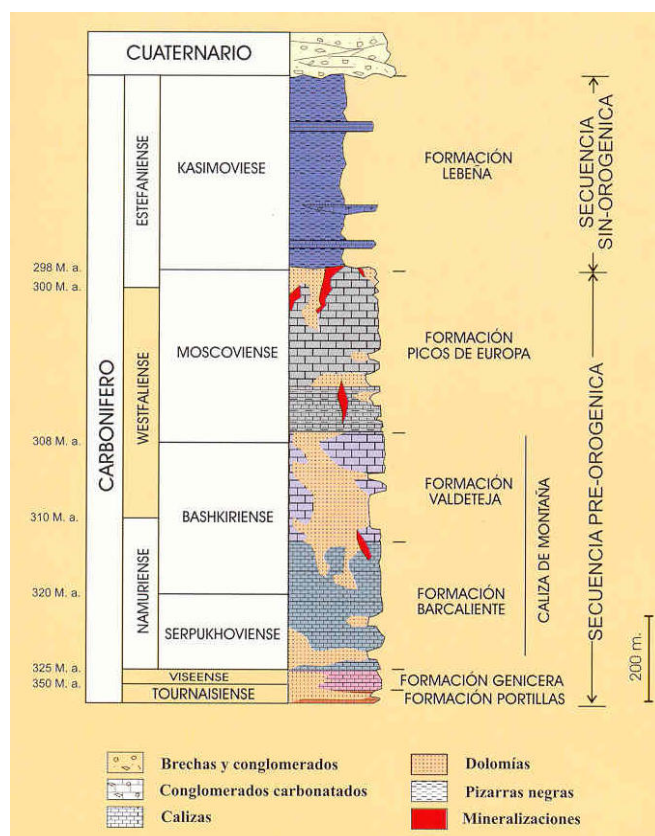


Figura 24: Columna estratigráfica de la zona minera oriental de Picos de Europa. Las mineralizaciones se encuentran en la Caliza de Montaña, en la Formación Picos de Europa y en la parte inferior de la Formación Lebeña (Gómez *et al.*, 2000).

El origen de las mineralizaciones está íntimamente ligado a las deformaciones de tipo frágil acaecidas principalmente durante la fase final de la Orogenia Varisca. Esta actividad compresiva jugó un papel significativo en la creación del sistema de fracturas a través del cual fluyeron las mineralizaciones hidrotermales (Sainz y García, 1996). En esta zona, los procesos

de dolomitización, e indirectamente de mineralización, tienen un claro control estructural (Gutiérrez y Luque, 1995) (Figura 25).

La dolomitización afectó a las diversas unidades litoestratigráficas existentes, pero ha sido particularmente intensa en la Unidad Frontal de Picos de Europa. Es frecuente observar grandes masas de roca caliza afectadas por este proceso, las cuales son fácilmente reconocibles sobre el terreno porque la dolomitización confiere a estas rocas unas tonalidades ocre que difieren de los tonos más grisáceos de las calizas. La consecuencia más relevante de este proceso es el aumento de la porosidad por el reemplazamiento por dolomitización de las calizas (Gómez *et al.*, 2000). Esto conlleva a que las rocas afectadas por la dolomitización sean, en este caso, zonas favorables para la circulación de fluidos y por tanto a la mineralización.

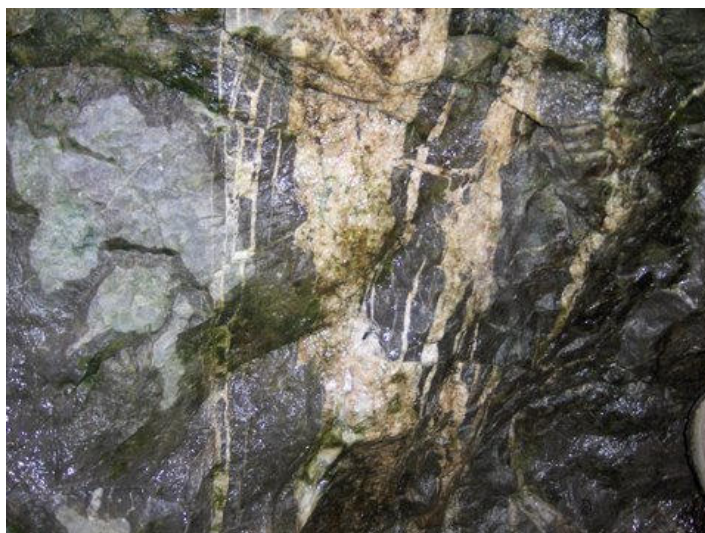


Figura 25: Aspecto de la mineralización que se concentra en las zonas de fracturas secundarias (relacionadas con la dolomitización) en la Formación Picos de Europa. Encuadre 0,5 x 0,7 m.

Caliza de Montaña, formaciones Barcaliente y Valdeteja

La secuencia de formaciones mineralizadas se inicia con una sucesión de rocas carbonáticas englobadas en la denominada “Caliza de Montaña”, de unos 500 metros de espesor (Marquínez, 1978). Se divide en dos tramos, con litologías bien diferenciadas:

1. Formación Barcaliente (Wagner *et al.*, 1971), formada por calizas de grano muy fino y color gris oscuro, con tramos brechoides hacia la parte superior.
2. Formación Valdeteja (Wagner *et al.*, 1971), por encima de la anterior, con calizas de grano grueso, color claro (Bahamonde *et al.*, 2007) y con abundante presencia de fósiles.

Las dataciones paleontológicas realizadas han dado como resultado una edad entre el Serpukjoviense (Namuriense A) y Bashkiriense superior (Westfaliense A) (Martínez y Marquínez, 1984).

Formación Picos de Europa

Por encima de la Caliza de Montaña se encuentra la formación que más relación tiene con la minería en el Macizo Central, pues en ella se localizan los mayores depósitos minerales (Figura 26). Se trata de una formación de rocas carbonáticas de gran espesor, llegando incluso a los 800 metros (Martínez y Marquínez, 1984) en la que se diferencian dos unidades litológicas.



Figura 26: Mineralización de esfalerita en la unidad Picos de Europa en la zona del grupo minero de Áliva. Encuadre 0,4 x 0,5 m.

El tramo inferior está constituido por calizas grises blanquecinas de grano fino y con presencia de *cherts*, alternando calizas más margosas y pizarras (Marquínez, 1978; Truyols *et al.*, 1984; Bahamonde *et al.*, 2007), que le confieren un aspecto tableado. Por encima, una unidad masiva con coloraciones que varían de muro a techo, de colores claros a grises, con abundante niveles fosilíferos (crinoideos, briozoos, braquiópodos, algas, foraminíferos, etc.) como se aprecia en la Figura 27. La edad de la formación comprende desde el Bashkiriense superior (Westfaliense A) al Kasimovienese, lo que indica que la sedimentación fue continua hasta el Cantabriense (Martínez y Marquínez, 1984).



Figura 27: Calizas fosilíferas de la Formación Picos de Europa (con presencia de artejos de crinoideos) en las cercanías de la mina de Las Gramas.

Formación Lebeña/Áliva

Situada por encima de la Formación Picos de Europa se encuentra una secuencia constituida por pizarras, conglomerados y brechas calcáreas, areniscas y calizas. En la zona de Peña Vieja, las turbiditas que se localizan junto a la Formación Picos de Europa fueron denominadas inicialmente como Pizarras de Áliva (Maas, 1974) (Figura 28), aunque posteriormente se incluyeron dentro de la Formación Lebeña (Martínez y Marquínez, 1984).

Actualmente se ha vuelto a diferenciar como dos formaciones (Merino-Tomé *et al.*, 2009; Blanco, 2011). En las capas de pizarras de la mina de Las Mánforas se encuentran de manera diseminada algunas concentraciones metálicas. Una característica de esta formación es la presencia de olistolitos, que muestran el inicio de la época de inestabilidad de la Orogenia Tardivarisca que afectó a la zona de estudio.



Figura 28: Unidades detríticas (Formación Áliva) en las inmediaciones del collado de Horcadina de Covarrobres, en el sector minero de Áliva.

2.3.3. HIDROGEOLOGÍA

La composición casi exclusiva de materiales carbonáticos en el Macizo Central, unido a la elevada karstificación del mismo, hacen que el comportamiento hidrogeológico sea el de un gran acuífero kárstico, donde la elevada precipitación se traduce en una escasa escorrentía superficial, infiltrándose un alto porcentaje, que descarga en los manantiales ubicados en las faldas del macizo. El endokarst está muy desarrollado, con un enorme entramado espeleológico, donde destacan grandes simas verticales de más de 1000 metros de profundidad.

Las características del clima de la región, con una precipitación anual que varía entre los 1000 mm/año en los fondos de los valles y los 2500 mm/año estimados para la alta montaña (González-Trueba y Serrano, 2008b) y las bajas temperaturas invernales, permiten la presencia

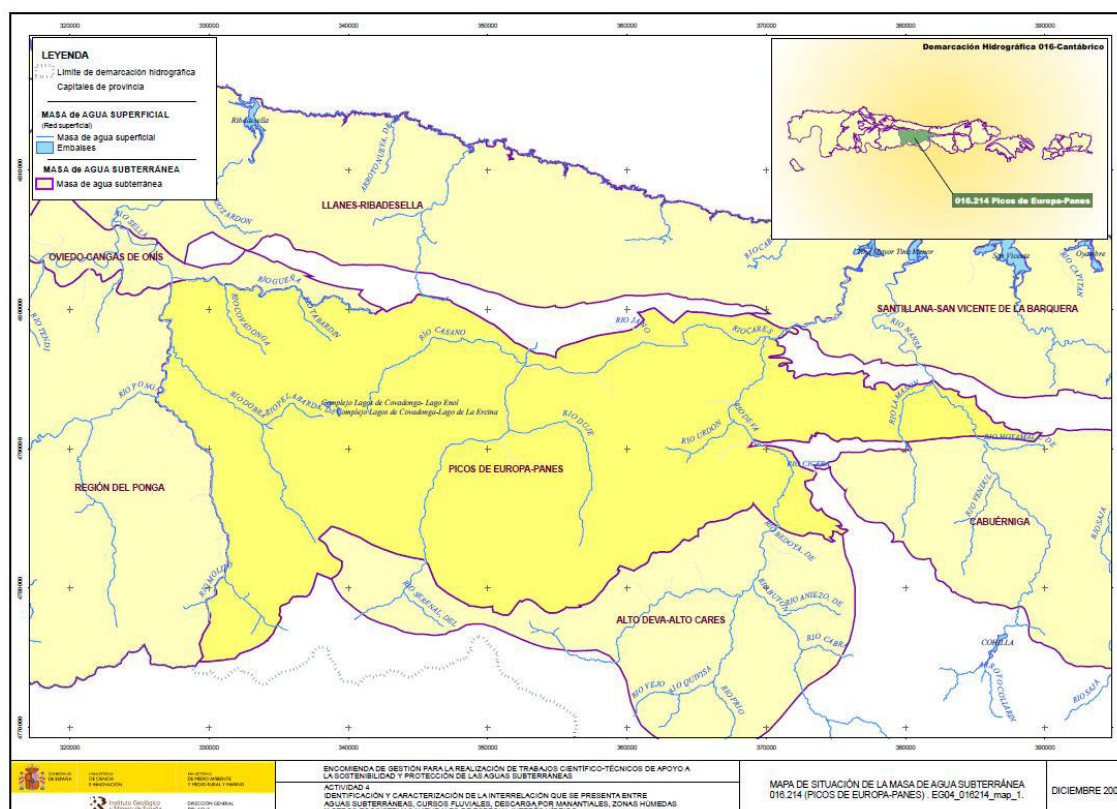
de nieve durante una buena parte del año. Estas condiciones, unidas al desarrollo del exokarst (lapiaces y campos de dolinas), así como la elevada presencia de conductos endokársticos, favorecen una tasa de infiltración relativamente alta.

Las fallas alpinas, predominantemente de dirección ONO-ESE (Farias, 1982), condicionan el comportamiento hidrogeológico del sustrato del Parque Nacional, ya que favorecen la circulación del agua subterránea actuando en muchos casos como grandes colectores de los flujos subterráneos. La mayoría de las surgencias kársticas se alinean con el trazado de fallas y cabalgamientos.

Las intercalaciones de rocas siliciclásticas entre las calizas, por su carácter impermeable, condicionan la distribución del agua en el subsuelo y provocan en superficie la aparición de algunos manantiales relevantes. La superposición de las unidades principalmente carbonáticas de Picos de Europa y Ponga, sobre la del Pisuergra-Carrión, constituida por rocas en su mayoría impermeables, hace que ésta funcione en profundidad como una barrera para el drenaje subterráneo regional de los Picos de Europa.

De igual manera, los cursos de agua subterránea vadosa están condicionados por la disposición de las capas en profundidad. La vergencia general hacia el norte de los buzamientos favorece que las aguas subterráneas fluyan principalmente hacia esa dirección. Como es habitual, los límites entre cuencas superficiales y subterráneas no suelen coincidir, destacando el caso del río Cares, que actúa como nivel de base para grandes zonas de Picos de Europa, captando aguas incluso del río Duje situado al otro lado del macizo.

Como indican Virgós *et al.* (1980) el volumen total calculado de los recursos hídricos anuales medios en Picos de Europa es del orden de 750 hm³/año, lo que correspondería con una lluvia útil de 1700 mm/año y una descarga unitaria de 55 l/s.km². Más centrados en el área de estudio son los datos de López *et al.* (1997), que en los macizos Central y Occidental estiman unos recursos entre 570 y 720 hm³/año, pertenecientes a la masa de agua subterránea 016.214



2.4. GEOMORFOLOGÍA DEL MACIZO CENTRAL

La morfología actual del Macizo Central es el producto de una arquitectura geológica sometida a intensa deformación y de un modelado posterior producto de los agentes erosivos, principalmente el agua y el hielo.

en el ámbito del Parque Nacional en general, y en particular en el área de estudio: labores mineras, refugios y sobre todo la notable red de infraestructura de caminos y pistas de acceso.

La morfología más común que encontramos son enormes paredes en las rocas carbonáticas junto a pequeños valles de altura, bien diferenciados de las zonas circundantes. La erosión diferencial que se produce entre los materiales masivos del macizo y los materiales más blandos que encontramos al sur y norte de la cordillera, confieren la estructura de grandes farallones rocosos.

La reactivación tectónica y el desarrollo de nuevas fallas con dirección E-W (Marquínez, 1992; Alonso *et al.*, 1996) produjeron el levantamiento rápido del macizo. El gran desnivel, con picos superiores a los 2600 metros a una distancia de 28 km de la costa cantábrica (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2013) y la elevada pluviosidad conllevaron un encajamiento notable de los ríos, formando enormes cañones fluviokársticos, algunos tan conocidos como el desfiladero de la Hermida o la Garganta del río Cares. De igual manera, por la interacción de las aguas superficiales con el material carbonático, se produce la alteración y disolución de éste, dando lugar a una variada morfología exokárstica, quizás una de las características que más nombre ha dado a los Picos de Europa.

Durante el último período glacial, la formación de un pequeño casquete en los Picos de Europa (Serrano *et al.*, 2013) y el movimiento de las masas de hielo, produjeron una elevada abrasión en algunos lugares, dando lugar a formaciones y depósitos asociados que pueden apreciarse hoy en día en las zonas más elevadas del macizo.

La morfología kárstica es muy variada y puede apreciarse en sus diferentes tipologías por todo el Macizo, teniendo incluso algunas formas denominaciones locales específicas como es el caso de los *jous*, nombre con el cual se conocen a las dolinas profundas con forma de embudo.

Un fenómeno bastante frecuente en los macizos calcáreos es la liberación de partículas arcillosas como resultado de la disolución de los carbonatos. Estos materiales son transportados

y en ocasiones acumulados en el interior de cavidades kársticas, con la formación de la denominada “terra rossa” (Merino *et al.*, 2006; Aydinalp y Fitzpatrick, 2009).

Desde el punto de vista climático la zona corresponde a un paisaje propio de alta montaña, piso nival en la mayor parte del área de estudio y periglaciario en las zonas altas (Martínez-Fernández y Serrano, 2008). Hoy en día el paisaje de los Picos de Europa se encuentra parcialmente antropizado por la actividad minera y ganadera y más recientemente por el turismo.

2.4.2. HIDROGRAFÍA

En los Picos de Europa, incluido el Macizo Central, los ríos son una de las morfologías más espectaculares debido, como se ha indicado anteriormente, al desnivel existente de más de 2000 metros en apenas 30 km, entre las cumbres y el nivel de base. Discurren las trazas de varias masas de agua superficial importantes entre las que destacan, de Oeste a Este, los ríos Sella, Cares, Dujé y Deva, que dividen los Picos de Europa en los 3 macizos, Occidental, Central y Oriental.

No obstante, en el área de estudio, situada en zona de alta montaña, solo encontramos un cauce de cierta consideración; se trata del río Dujé, el cual nace en las inmediaciones de la mina Las Mánforas, justo bajo la balsa de estériles de la misma. Por su carácter de río de montaña, el Dujé no presenta apenas morfologías de depósito de sedimentos aluviales y es más bien un río eminentemente erosivo en este tramo superior. Transcurre primero hacia el oriente, por la falla del Dujé, girando posteriormente hacia el norte por un antiguo valle glaciario, erosionando la base de la morrena de la Llomba o Lomba del Toro.

En la parte inicial se encuentra muy afectado por las labores mineras, llegando incluso a desaparecer dentro de éstas en la zona del dique de estériles de Las Mánforas. El arrastre de materiales finos de la balsa de la mina Las Mánforas es notable, apreciándose el depósito de estos materiales durante un recorrido de varios kilómetros (Figura 30).



Figura 30: Nacimiento del río Duje, con depósitos de finos provenientes de la balsa o dique de estériles de la mina de Las Mánforas.

En la zona del circo de Fuente Dé se encuentra el nacimiento de otro río destacado, el Deva. Como apunta Saint Saud (1922), en las escarpaduras de este circo borbotea la fuente del Deva, de ahí probablemente el nombre de Fuente Dé. Este río se alimenta en este tramo de las aguas provenientes tanto de la zona de Lloroza como del valle y cumbres circundantes de Liordes que transcurren por la Canal del Embudo (Figura 31), hasta llegar a la parte inferior del circo.

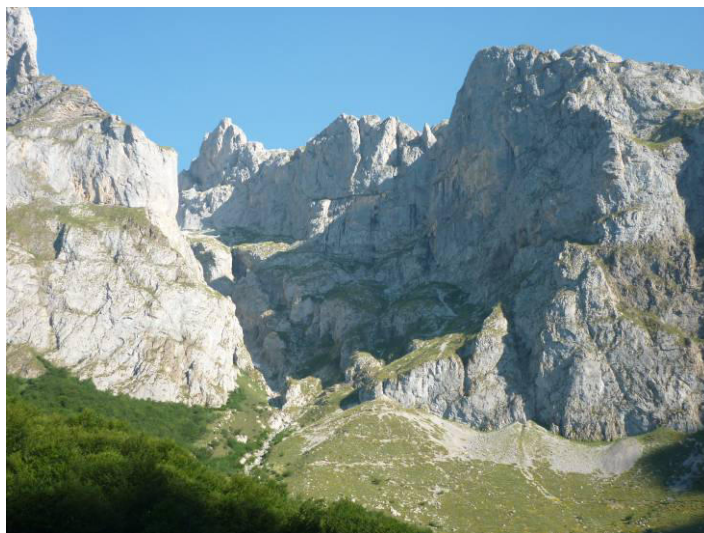


Figura 31: Canal del Embudo que desciende desde el valle de Liordes a la pradera de Fuente Dé

2.4.3. LOS FENÓMENOS KÁRSTICOS

Quizás el fenómeno geomorfológico que más fama ha dado a los Picos de Europa es la karstificación. La elevada altura de los picos unida a la enorme potencia de las rocas carbonáticas, hace que se desarrolle un importante conjunto de simas de cientos e incluso más de mil metros de profundidad. De igual forma, los fenómenos erosivos previos a la infiltración del agua en el interior del macizo crean un sinfín de morfologías superficiales, producto de la disolución, conformando enormes extensiones de lapiaz (Figura 32).

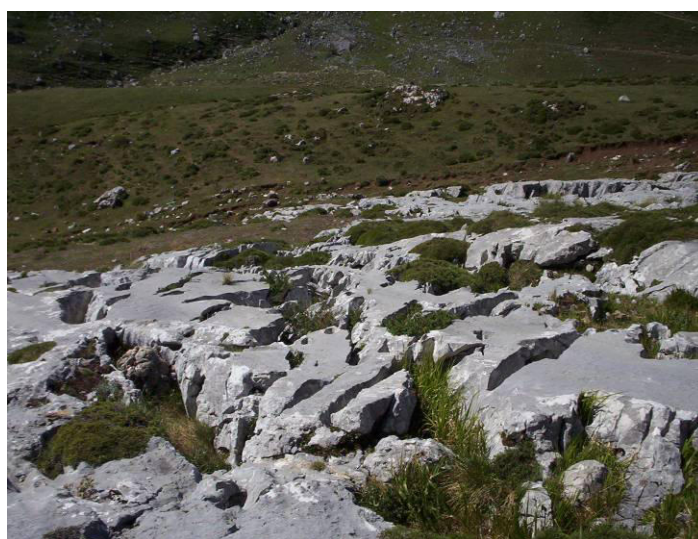


Figura 32: Lapiaz a favor del diaclasado sobre la Formación Picos de Europa en la zona del grupo minero de Áliva.

Las cavidades kársticas existentes presentan desarrollos de varios kilómetros, aunque sin duda la mayor espectacularidad se observa en los desarrollos verticales, con 11 simas de más de un kilómetro de profundidad (Fernández y Valls, 2004) cuya formación se encuentra íntimamente asociada a la superficie de los cabalgamientos y las grandes fallas alpinas (Farias y Valderrábano, 2007). La más importante es la Torca del Cerro del Cuvón-Torca de las Saxifragas, en el Macizo Central, con una profundidad de 1589 m (Fernández y Valls, 2004).

2.4.4. EL GLACIARISMO

A principios del Cuaternario en las zonas más elevadas del Macizo Central se localizaban casquetes de hielo cuyas lenguas glaciares se extendían por los valles. Durante el último máximo glacial se llegaron a situar los hielos en la vertiente norte a partir de alturas que oscilan entre los 400 y 950 m (Jiménez-Sánchez, 1996), existiendo un total de 24 glaciares con una extensión de 68,56 kilómetros (Serrano *et al.*, 2013).

Los glaciares desaparecieron de Picos de Europa hace aproximadamente 10.000 años, aunque durante la Pequeña Edad de Hielo, entre los siglos XVI y XIX se volvieron a formar pequeñas masas de hielo (Alonso y González-Suárez, 1998; González-Trueba *et al.*, 2007), de las cuales quedan relictos en algunos sitios del Parque como en el helero del Jou Negro y quizás en la Cueva Helada de Cabaña Verónica y en la Cueva de Altaiz (Figura 33).



Figura 33: Cueva Helada de Cabaña Verónica, camino a Horcados Rojos.

La mayor parte de los rasgos que se aprecian en la actualidad provienen de la última glaciación, ya que la erosión producida durante esta etapa borró los rastros de las anteriores (González-Trueba *et al.*, 2005). Aún se observan en el área de estudio morfologías de algunos circos glaciares en las zonas de cumbres, las diferentes morrenas y principalmente, el valle glacial del Duje (Tabla 3).

GLACIARES	ALTITUD MAX.	ALTITUD MIN.	LONGITUD	ORIENTACIÓN	TIPO	GRUPO MINERO
REMOÑA S	2247	1310	1600	SSE	ALPINO	LIORDES
REGALIZ	2229	1605	960	SSE	ALPINO	LIORDES
PEDABEJO	2176	1530	1080	SSE	ALPINO	LIORDES
JOYAS PEDABEJO	2446	1660	1000	SE	ALPINO	LIORDES
HOYO LIORDES S	2474	1460	1500	SO	ALPINO	LIORDES
LOS LLAGOS	2642	2040	780	S	CIRCO	LIORDES
LIORDES	2474	1090	4500	ESE	CAMPO DE HIELO	LIORDES
HOYO LIORDES	2474	1990	740	ENE	CIRCO	LIORDES
HOYO CHICO	2474	2070	550	NE	CIRCO	LIORDES
T-LLAGOS	2567	2140	660	SSO	CIRCO	LIORDES
DEVA	2617	905	7800	SE	ALPINO	LIORDES-FUENTE DE
ALIVA DUJE	2615	1260	5600	ENE-N	ALPINO	ÁLIVA
SALGARDE	2430	1460	3090	NE	ALPINO	ÁLIVA
PEÑA VIEJA E	2615	1780	640	ESE	CIRCO	ÁLIVA
HOYO OSCURO	2417	2160	610	SE	CIRCO	ALTAIZ-GRAMAS
HOYO SIN TIERRA	2417	1940	840	NE	CIRCO	ALTAIZ-GRAMAS
VUELTONA	2615	1950	590	SSO	CIRCO	ALTAIZ-GRAMAS
SANTA ANA SUR	2601	2250	350	S	CIRCO	ALTAIZ-GRAMAS
LLOROZA	2430	1850	590	SO	CIRCO	LLOROZA

Tabla 3: Principales glaciares existentes durante el Cuaternario en la zona de estudio. Modificado de Serrano *et al.* (2013).

La Llomba (Lomba) del Toro (Figura 34) es una de las morrenas más importantes de la Cordillera Cantábrica y quizás de las que se encuentran en mejor estado de conservación al no haberse producido en esa zona un encajamiento pronunciado de la red fluvial. Según los últimos estudios sobre glaciaciones realizados en la zona por Serrano *et al.* (2013) alcanza una longitud de 5,6 kilómetros. Estos autores la denominan morrena Áliva-Duje, iniciándose a una cota de 2.617 metros, casi en la cumbre de Peña Vieja y terminando a 1.260 m.s.n.m. En las cercanías del Hotel-Refugio de Áliva encontramos un gran bloque errático. También en Peña Vieja se describen morrenas de circo que corresponden a los depósitos que se encuentran detrás del Chalet Real.

En toda la zona de Lloroza, Altaiz, San Luis y en Fuente Dé y Liordes encontramos restos de morrenas de circo. Quizás es en Liordes, donde la acción erosiva ha actuado con mayor intensidad, pues se han descrito la mayor parte de los glaciares del Macizo Central y los restos morrénicos no son tan evidentes como en otras zonas. Los lagos que encontramos en la zona de Lloroza son de tipo intramorrénicos.



Figura 34: Llomba del Toro, morrena glaciar en el valle del río Duje.

2.4.5. PERIGLACIARISMO

El Macizo Central de los Picos de Europa es uno de los lugares en la Cordillera Cantábrica donde los procesos periglaciares son más numerosos debido a sus condiciones orográficas, con cumbres de más de 2.600 m, y a las implicaciones climáticas y morfodinámicas (Serrano y González-Trueba, 2004).

Han sido descritas numerosas formas periglaciares; unas son heredadas, bien por ser sincrónicas del último máximo glaciar, con orientaciones desfavorables para la glaciación, o derivadas de las fases residuales en el retroceso glaciar (Frochoso, 1980). Otras formas son las generadas por una dinámica periglacial activa. Entre estas últimas, la combinación de frentes de cabalgamiento con fracturas permite la trituración de las rocas que hoy forman las paredes que son sensibles tanto a la gelifracción como a procesos gravitacionales. Su asociación con procesos de ladera, desprendimientos por caída y deslizamientos, permite discernir entre laderas con un importante control estructural, y otras cuyos factores de control son esencialmente climáticos (Serrano y González-Trueba, 2004). Se aprecia una importante disimetría, tanto climática como estructural en las vertientes, aunque la gran variedad de conos con distintas orientaciones, no permite una generalización.

Las fracturas de todo tipo y las superficies de estratificación, muy verticalizadas, son zonas favorables para la infiltración de agua. Debido a las bajas temperatura, por debajo de 0°C, se congela el agua y se produce el subsiguiente incremento de volumen que fragmenta los bloques, y da lugar a la consecuente relajación y descompresión de las paredes (gelifracción o crioclastia).

En los escarpes orientados hacia el sur, generalmente asociados a frentes de cabalgamiento, con mayores escarpes, la nieve permanece menos tiempo, por lo que presentan pedreras más desarrolladas por la acción conjunta de la gravedad y el efecto hielo-deshielo, con variaciones térmicas de entre 5 y 15 ° C (Castañón y Frochoso, 1994). Las vertientes orientadas hacia el norte, más suaves, permanecen cubiertas por nieve durante más tiempo, disminuyendo el período del efecto hielo-deshielo.

En las zonas con mayor pendiente, dominan los derrubios de gravedad y los canales de flujo de derrubios, llegando a presentar estos últimos coladas frontales (imagen A de la Figura 35). Más frecuentes son los taludes y conos de derrubios, tanto en la vertiente occidental de Peña Vieja (imagen B de la Figura 35) como en la oriental.



Figura 35: A: coladas frontales en la base de la Canal del Vidrio en el grupo minero de Áliva. B: conos de derrubios mixtos y bloques bajo paredes verticales en el ascenso a Horcados Rojos.

En las zonas más distales de los taludes y conos de derrubios, asociados a la alimentación de agua por arroyada encontramos movimientos en masa. Estas formas son más frecuentes en los

materiales más finos de las formaciones Áliva y Lebeña. En la Vega de Liordes (Formación Áliva) y en Áliva (formaciones Áliva y Lebeña), bajo el “klippe” de Juan Toribio y el Chalet Real, encontramos buenos ejemplos de movimientos en masa.

Adicionalmente, las zanjas mineras, que han permanecido abiertas durante más de un siglo, han sufrido los mismos procesos de alteración y desprendimientos (principalmente en las zonas situadas en pendientes elevadas como el caso de Altaiz), generándose también algunos conos de derrubios y caídas de bloques asociadas (Figura 36). La explosión de Kachinski produjo igualmente un gran desprendimiento de bloques, que todavía hoy puede observarse.



Figura 36: Caídas de bloques a favor de zanjas en una zona de intensa meteorización y fracturación del macizo debido a una falla y taludes antrópicos en las minas de Ataiz, en el grupo minero de Las Gramas.

Otro de los depósitos ligados a los movimientos en masa son las denominadas morrenas de nevero, que se generan en relación con la presencia de neveros permanentes. Los cantos desprendidos de las paredes próximas son acumulados en la parte inferior de los neveros. En el área de estudio estos procesos tienen lugar en las zonas de umbría y a cotas por encima de los 2000 metros (González-Trueba, 2007).

2.5. METALOGENIA DEL MACIZO CENTRAL

A diferencia de otros lugares de los Picos de Europa, los yacimientos existentes en el Macizo Central están conformados por mineralizaciones de plomo-cinc (Pb-Zn). Las citas que encontramos en González (1832) referentes al posible beneficio de minas de oro y plata cerca de Peña Vieja en el siglo XVI podrían deberse probablemente a confusiones debido a la similitud de color y brillo con sulfuros de hierro, cobre y plomo.

En términos generales, las masas mineralizadas se localizan en las zonas de contacto entre las calizas y las dolomías secundarias. Las disposiciones de las mismas son variadas, desde redes de filones caóticos a substratiformes. Se localizan próximas a zonas de fallas subverticales y afectadas por dolomitización. La dolomitización (Figura 37) afectó a las diversas unidades litoestratigráficas existentes, pero ha sido particularmente intensa en la Unidad Frontal de Picos de Europa, como ya se ha expresado anteriormente.

La ley oscila generalmente entre el 8 y el 25 % de Zn y el 1 y el 3 % de Pb (Gutiérrez y Luque, 2000). Junto a estos metales, aparecen otros accesorios como cobre, hierro, antimonio, mercurio y flúor. Los minerales más frecuentes son la esfalerita y la galena, acompañados principalmente de cuarzo, calcopirita y pirita. En las zonas de alteración superficial, encontramos las calaminas, fundamentalmente hidrocincita y smithsonita (Gómez *et al.*, 2006).

Paragénesis mineral

De manera general, encontramos las mismas asociaciones en todos los yacimientos del Macizo Central. Si bien, en la mayoría de los casos la mena más abundante son los sulfuros, en el sector minero de Lloroza, en el de Liordes y en la zona de Horcadina de Covarrobres son más comunes los minerales de alteración (calaminas). Como indican Gutiérrez y Luque (2000) (Tabla 4), encontramos dos fases minerales en los sulfuros, siendo en la fase II en la que se presentan con mayor frecuencia. En el caso de Áliva más del 95% pertenece a la masa sulfurada.

Posteriormente, en las zonas de montera tuvieron lugar procesos de alteración superficial, dando lugar a minerales secundarios de tipo supergénico.



Figura 37: Aspecto de la mineralización en la mina Almanzora que se concentra en las zonas de fracturas secundarias (relacionadas con la dolomitización).

MINERAL	DOLOMITIZACIÓN	1ª FASE MINERAL	2ª FASE MINERAL	MINERALES TARDÍOS	MINERALES SUPERGÉNICOS
Dolomita	X	X	X	x	
Calcita		X	X	x	
Esfalerita		X	X		
Galena		x	X		
Calcopirita		x		x	
Cobres grises		x			
Pirita		x			
Cuarzo			x	x	
Fluorita			x		
Hidrocincita					x
Smithsonita					x
Carbonatos de Cu					x
Cinabrio					x
Óxidos de Fe					x

Tabla 4: Paragénesis general de las mineralizaciones del Macizo Central (modificado de Gutiérrez y Luque, 2000).

Sulfuros principales

Aunque inicialmente se explotaron las calaminas, un elevado porcentaje de los yacimientos mayores se centraron en el beneficio de los sulfuros de plomo (galena) y cinc (esfalerita).

1. Galena (PbS). Fue explotada en la práctica totalidad de las minas, aunque con una importancia mucho menor que la esfalerita. En algunos grupos mineros, como en la

Canal del Vidrio, llegó a ser incluso el mineral más abundante. En la mina de Las Mánforas, en el segundo nivel, se han encontrado cristales de hasta 2 centímetros de tamaño, consistiendo en una combinación de cubos y octaedros, generalmente con cristales de dolomita asociados a pequeños cristales de esfalerita acaramelada de segunda generación (Sainz y García, 1996).

2. Esfalerita (ZnS) (Figura 38). El principal mineral explotado en el Macizo Central. Se presenta bajo dos modalidades (Gómez y Arribas, 1994), una granuda de cristalización fina o terrosa y color de marrón a gris oscuro y otra transparente (Gutiérrez y Luque, 1993 y 2000). Por su transparencia, tamaño y belleza de sus cristales, las muestras de “blenda acaramelada” de Áлива son conocidas desde hace un siglo y medio por los coleccionistas de minerales de todos los países (Jordá, 2009). Ya en 1891, el ingeniero Marcial de Olavarria, director de las minas de Liordes, describe los cristales de blenda (esfalerita) de Áлива así: *“las blendas resinoides de Picos de Europa, transparentes, de preciosos colores de ámbar, con irisaciones variadísimas y que tan estimadas son en el extranjero, pues en su clase no se conocen en punto alguno como las de Áлива y Áлива”*.



Figura 38: Ejemplar de 8 cm de esfalerita de las minas de Áлива. Colección y fotografía: Museo de Historia Natural de Berlín, Inv.-No.: MFN_MIN_1980_0059.

Calaminas

Los minerales secundarios de alteración, principalmente los carbonatos y silicatos de cinc (smithsonita, hidrocincita y hemimorfita) fueron explotados intensamente en toda el área de estudio, principalmente en Liordes, Horcadina de Covarrobres y el sector de Lloroza. Ya a finales del siglo XIX había descritas más de 200 variedades de calaminas basadas en el color y la textura (Arce, 1880). El principal mineral que se benefició fue la smithsonita y, en menor medida, la hidrocincita.

1. Hidrocincita ($\text{Zn}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$). Aparece a modo de costras blancas, estalactitas y nódulos en todas las minas del área de estudio, aunque abundan más en el sector de Áliva.
2. Smithsonita (ZnCO_3). Junto con esfalerita, el principal mineral en las minas del Macizo Central y normalmente asociada a ella. Se encuentra en numerosos hábitos: masivo, terroso, compacto, nodular, botroidal, estratificado y en concreciones y con gran número de colores debido a la inclusión de pequeñas partículas carbonatadas de cobre, cinabrio, greenockita, óxidos de hierro, etc. (Sainz y García, 1996).

3. EL PAISAJE MINERO DEL MACIZO CENTRAL

Desde mediados del siglo XIX, el Macizo Central de los Picos de Europa ha sido objeto de una intensa actividad minera. Debido a la disposición y al pequeño tamaño de los criaderos, la minería en los Picos se caracterizó por pequeñas explotaciones, la mayoría de las veces rafas o zanjás de pocos metros, y pozos y galerías de escaso recorrido. Pocas son las explotaciones que tuvieron cierta entidad. Las labores grandes que estuvieron en explotación durante algunas décadas sí que dieron lugar a estructuras subterráneas y superficiales importantes, destacando las situadas en Áliva, con la mina de Las Mánforas, principalmente, la cual estuvo activa casi ininterrumpidamente desde 1856 hasta 1989.

El resultado de este dilatado período de actividad minera puede verse hoy en día muy repartido por toda el área de estudio; caminos, restos de teleféricos, casetones y sobre todo centenares de huecos y escombreras mineras pueden apreciarse hasta en los rincones más remotos de estas montañas, fruto del tesón de los mineros pertenecientes a diferentes compañías, en una zona abrupta donde tuvieron que salvar desniveles casi verticales de cientos de metros. Las condiciones invernales, propias de la altitud a la que se localizan las minas fueron, desde el inicio el principal desafío al que se enfrentaron los explotadores (Figura 39).



Figura 39: Grupo de mineros abriendo una zanja en la nieve para acceder a los casetones de la mina de Las Mánforas en el año 1957. Fotografía cortesía de Asturiana de Zinc, S.A.

3.1. HISTORIA DE LA MINERÍA DEL MACIZO CENTRAL

3.1.1. PRIMEROS INDICIOS DE LA ACTIVIDAD MINERA

Los primeros trabajos mineros documentados fehacientemente en el Macizo Central datan del año 1853, cuando la Real Compañía Asturiana de Minas comienza la exploración de yacimientos minerales metálicos en los Picos de Europa. No obstante, existen algunas referencias anteriores de hallazgos ocasionales o quizás, incluso, de algún pequeño beneficio minero en la zona. En el Registro y Relación General de Minas de la Corona de Castilla (González, 1832) se hace mención de manera clara del interés por el beneficio de los metales existentes durante los siglos XVI y XVII.

Juan Vázquez de Molina es de quien se tienen las primeras citas sobre el beneficio de metales en el Macizo Central. En 1525 se menciona un posible beneficio por parte suya de unas minas de oro en Peña Vieja, y ya en 1532 encontramos otra cita (González, 1832): *“por Real Cédula fecha 1º de agosto del año de 1532 se hizo mercede de juro á Juan Vazquez de Molina, secretario de S.M., de todos los mineros de oro, y plata, y alcohol, y cobre, y plomo, y hierro, y alumbre, y estaño, y caparrosa, y azul, y azabache, y cardenillo, y otros cualesquier metales del valle de Liébana y del término que dicen de Bedoya, encima del puerto de Tarney, á la cabecera del dicho valle, y en Peñavieja, y en otras partes fácia las montañas de aquella comarca, con veinte leguas al derredor, pagando la décima parte á S.M.”*

En el año 1557 (González, 1832) se encuentra la primera mención de las minas de Áliva (en aquella época Aliba). En ella se describe con algo más de detalle, la existencia de una mina de oro, plata y otros metales: *“en Valladolid á 2 de junio de 1557. Licencia para que Luis Salcedo y consortes pudiesen beneficiar dos minas de oro, plata y otros metales en tierra de Liébana, provincia de León, la una á do dicen Puerto de Aliba, que confina con Peña Vieja, hacia la mano derecha, antes de llegaren el puerto de Aliba, confinante con Peña Vieja, a mano derecha*

antes de llegar a la Colladilla de la dicha Peña que por la parte de abajo estaba cerca La Fuente Cimera”.

La siguiente referencia es de 1578 (González, 1832), en la que aparece la figura de Pedro Bueno de Escaldón, vecino de Valladolid que benefició en esa época numerosas minas en la zona norte: *“en 28 de mayo de 1578. Carta para que el dicho Escaldón continuase beneficiando dos minas que habia descubierto en término de Cabrales que había renunciado a la corona, y además otra de plomo que había descubierto en término de Aliba, en un monte”.*

Años más tarde, del 5 de octubre de 1625 (González, 1832), encontramos la siguiente cita: *“cédula de S.M. para que Sebastian Martinez Espinosa, escribano de la ciudad de León, y Antonio de Cobos, vecino de Madrid, pudiesen labrar, administrar y beneficiar quince minas de diversos metales que habían descubierto en varios puntos de las provincias de León y Burgos, y eran las siguientes: una de piedras que parecían serafinas, que hacían visos amarillos, verdes y azules y otros colores en el puerto de Aliba, donde decían Baldujar, al pie de un peñón que está al mediodía...”*

Estas explotaciones debieron ser de muy escasa entidad, y no tuvieron continuidad en siglos posteriores, como aparece en el resumen histórico de la página web del Concejo de Espinama (www.espinama.es): *“la explotación de tales minas, de haberse llevado a cabo, debió ser muy efímera por cuanto no hay menciones a ellas entre la mucha documentación de los siglos XVII y XVIII relativa al Concejo que he podido manejar. El hecho de que las Ordenanzas del Concejo de 1625 incluyan un capítulo en el que se prohíbe «sacar ningún carro de piedra para fuera del Concejo» confirmaría la falta de explotación minera como también lo confirmaría el que en el Catastro del Marqués de la Ensenada de 1752, a la pregunta relativa a la minería y la industria del lugar, contesten refiriéndose únicamente a los molinos y el batán. Tampoco hay alusiones a la actividad carretera necesaria para el transporte del mineral que tendría que haber sido ejercida por los vecinos de Espinama como más próximos a dichas minas”.*

Estas fuentes parecen claras a la hora de afirmar que hubo un lapso de tiempo en el cual el beneficio de minerales en el Macizo de los Urrieles estuvo ausente durante algo más de doscientos años. A pesar que años antes, con la Ley Minera de 1825 (Marquínez y Adrados, 2000) y sobre todo, con la Ley Minera de 1839, se había favorecido la formación de sociedades (Gutiérrez y Luque, 1993) (lo que propició un aumento del interés por la minería) pero no fue hasta mediados del siglo XIX cuando la actividad minera se inició en Picos de Europa.

3.1.2. LA MINERÍA DE CINC Y PLOMO ENTRE 1856 Y 1985

El interés por la explotación minera en el Macizo Central se retoma con fuerza pasado el ecuador del siglo XIX. Varias compañías estuvieron presentes en la zona para el beneficio del cinc, y secundariamente del plomo, dando lugar a decenas de explotaciones.

Las explotaciones tuvieron lugar de manera intermitente, siendo en la mayoría de los casos de pequeña entidad, tanto las empresas como las labores. No obstante, cabe destacar la presencia de la Real Compañía Asturiana de Minas (RCAM) y de la Sociedad Minera La Providencia, las cuales tuvieron un gran protagonismo tanto en el Macizo Central como en el Oriental con las minas de Ándara (Laso, 1989). En el año 1854, la RCAM, fruto de una campaña de prospección en la zona cantábrica, descubre el yacimiento de Áliva (Gómez *et al.*, 2006), que se transformó, sin duda en la que fue la mayor y más duradera explotación del Macizo de los Urrieles, dando inicio en 1856 y siendo su cierre definitivo en 1989.

El inicio de las investigaciones y más aún, de las explotaciones, desató una fiebre minera en la zona, con la consecuente solicitud de denuncias mineras y otorgamiento de Reales Títulos de propiedad. Casi simultáneamente con las minas de Áliva se iniciaron las explotaciones en el sector de Liordes. En el mismo sector de Áliva, hacia 1860, la compañía Sociedad La Providencia inicia el beneficio de diferentes concesiones, manteniendo su explotación en la zona hasta finales de siglo. Durante esta época, esta empresa llegó a tener más concesiones que

la propia RCAM. Ambas compañías, junto con el ingeniero de minas Manuel Palacios Antón, beneficiaban todo el sector (Gutiérrez y Luque, 2000).

Para hacerse una idea de la entidad de las explotaciones existentes en la segunda mitad del siglo XIX en los Picos de Europa, entre 1856 y fines de 1899 se extrajeron de las minas existentes 160.000 toneladas (incluyendo en ese dato a las minas de Ándara) (Sánchez-Alonso, 1990).

A principios del siglo XX, como refleja la Estadística Minera de 1901, se encuentra en explotación el sector minero de Lloroza, que comprendía dos zonas, Las Gramas (beneficiado por la RCAM) y Altaiz (por parte de la Sociedad Minera Peña Vieja). Se trataba de yacimientos de escasa entidad que estuvieron activos hasta principios de los años 20 del siglo pasado. En 1901 la Sociedad La Providencia explotaba las minas de Áliva.

También, arrancaron en esta época, con una explotación que llegó hasta mediados del siglo pasado, las minas situadas en Fuente Dé, destacando la mina “Ya Salió”. En 1912, con motivo de la visita del rey Alfonso XIII, la RCAM construye el Chalet Real, en las faldas de Peña Vieja, para hospedar al monarca en su expedición de caza (hoy en día el Chalet Real sigue siendo propiedad de la empresa minera AZSA). Tres años más tarde encontramos que la zona de Áliva estaba prácticamente repartida entre dos compañías mineras, la RCAM y la Minero Metalúrgica Montañesa, separándose ambas concesiones por el río Duje (Gutiérrez y Luque, 2000). En el año 1923, la Sociedad La Providencia reanuda los trabajos en el grupo de Áliva (Molina, 1923).

En Liordes, hacia 1927, las explotaciones corrían a cargo de la compañía Sociedad Minas de Liordes (Mazarrasa, 1928). Ese mismo año, la cotización del cinc comienza a caer, debido al inicio de una crisis económica global. Sumada a la crisis bursátil del 29, esta circunstancia produjo la práctica paralización de las minas del Macizo Central hasta inicios de los años 40 del siglo XX.

Después de la Guerra Civil, el ingeniero Gonzalo Pardo González dirige las explotaciones de las minas de Fuente Dé, incorporándose años después, en 1958, a las minas de Áliva. En este sector, en 1942, la Compañía Minero-Metalúrgica Montañesa, S.A. reinicia la explotación, principalmente en la mina Las Mánforas. En 1950, el ingeniero de origen ruso Kachinski realizó en la zona de la Canal del Vidrio una galería de 20 metros, bifurcada al final con otras dos de 5 metros, con el objetivo de explorar nuevas zonas mineralizadas (Gutiérrez y Luque, 2000; Jordá, 2009). La búsqueda, tras una detonación con más de 2000 kilogramos de explosivos debió ser un completo fracaso, prueba de lo cual es que no se continuaron las labores extractivas ni exploratorias en esa zona. La cicatriz de la denominada desde entonces “explosión de Kachinski”, con los restos de las galerías construidas para la misma pueden apreciarse en la Canal hoy día (Figura 40).



Figura 40: Restos de la “Explosión de Kachinski” en la Canal del Vidrio.

Tras la retirada de esta compañía, en 1953, es la RCAM la que retoma las concesiones a través de su filial Sociedad Carbones de La Nueva en la zona de Áliva, reiniciando la explotación en 1956 y perdurando su actividad hasta 1966. En los años 50 cesó la explotación en el sector minero de Liordes (Gutiérrez y Luque, 2000).

En el año 1967, en el sector de Áliva, las concesiones y propiedades fueron traspasadas por la RCAM a su filial Sociedad Minera Picos de Europa, S.A. (Gómez *et al.*, 2006), que tuvo el control del campo de Áliva durante una quincena de años, adquiriendo en propiedad aquellas concesiones que tenía en arriendo. En 1968, cuando parecía agotado el yacimiento de Áliva, se localiza un nuevo filón que permitirá desarrollar otros tres niveles en profundidad; esto motivó que en los años 70, tuvieran lugar intensas labores de investigación. En enero de 1975, el matrimonio belga Ansart-Lelievre presentó un estudio geológico de todas las mineralizaciones del sector (Ansart, 1979), resultado de una campaña desarrollada en 1974, en la que se habían realizado 7 sondeos desde superficie (dos de los cuales eran inclinados, Figura 41). También se llevó a cabo en ese año una campaña de prospección geofísica mediante calicatas eléctricas efectuadas desde las galerías del 5º nivel, reconociéndose las distintas zonas existentes (Gutiérrez y Luque, 2000).



Figura 41: Sondeos de investigación efectuados en los años 70 en la zona de Las Mánforas (Fotografía cortesía de Asturiana de Zinc, S.A.). En el recuadro pequeño imagen de los huecos de las perforaciones en la base de Juan de la Cuadra en la actualidad.

Se produjo la reprofundización de la mina de Las Mánforas alcanzándose el sexto nivel. Además, se construye un nuevo pozo, finalizado en 1975, que da acceso a los seis niveles de la mina. Desde 1975 a 1979 se realizaron por parte de la Sociedad Minera Picos de Europa 17

nuevos sondeos desde superficie. En este período, en 1977, tuvo lugar el máximo de producción de las minas de Áliva, con 45 toneladas al día de cinc (Sainz y García, 1996). Entre 1983 y 1985, ya siendo propietaria de las minas AZSA (en 1981 se hace cargo del sector minero), se lleva a cabo una nueva campaña de investigación geológico-minera, centrada en las posibilidades de ampliación, en profundidad, de las reservas de la zona principal de este sector (Gómez, 1992).

3.1.3. LA REAL COMPAÑÍA ASTURIANA DE MINAS

Sin duda, la principal compañía minera explotadora en el Macizo Central y una de las empresas mineras más importantes del norte de España fue la Real Compañía Asturiana de Minas. Se crea en noviembre de 1833, con un capital inicial de 450.000 reales de vellón, fundada por dos empresarios españoles y un banquero belga: Joaquín María Ferrer Cafranga, Felipe Riera Rosés y Nicolás-Maximilan Lesoinne (Laine *et al.*, 2010). La aportación de capital belga fue una de las primeras grandes inversiones empresariales extranjeras en la actividad minera española.

La Reina Regente María Cristina, mediante Real Orden del 14 de noviembre de 1833, otorga la concesión a la Real Compañía Asturiana, para la explotación de carbón, otorgando abundantes exenciones a la empresa durante un periodo de 25 años. En 1849, debido a la mala calidad del carbón, y tras el descubrimiento de yacimientos de esfalerita en Guipúzcoa, el ingeniero belga Adolfo Lessoine, en colaboración con su sobrino, Jules Hauzuer, comienza a estudiar las posibilidades de la utilización del carbón en la metalurgia del cinc. Disponían por tanto de las dos materias primas necesarias para la obtención del cinc, además de amplios conocimientos en su metalurgia, actividad ampliamente desarrollada en Bélgica. La nueva fábrica de cinc se instaló en Arnao (Figura 42), en las inmediaciones de la mina por una razón concreta: para tratar una tonelada de mineral de cinc se necesitaban tres toneladas de carbón. Los costes de transporte eran por tanto más asequibles si se desplazaba el cinc y no el carbón (Laine *et al.*, 2010).

En la década de los 50, la compañía realiza una extensa campaña de prospección a lo largo de toda la franja cantábrica, desde el País Vasco a Asturias (Gutiérrez y Luque, 2000). El 30 de mayo de 1853 se creó dentro de la empresa una sociedad para la producción de cinc en España, cuyo propósito era la explotación de las concesiones carboníferas de Arnao y otras de minerales de zinc y plomo, junto con el tratamiento metalúrgico de éstos.



Figura 42: Detalle del plano general de la planta de tratamiento de cinc y mina de carbón de Arnao pertenecientes a la Real Compañía Asturiana de Minas (Laine *et al.*, 2010).

El 9 de junio de 1853, dicha sociedad fue autorizada por el rey de Bélgica y el 18 de enero de 1854 fue reconocida en España mediante Real Orden, en la que se le concedía autorización para construir una fábrica de beneficio de minerales de cinc en el valle y colinas de Arnao y en el arrenal del Espartal, declarándose de utilidad pública la adquisición de los terrenos para dicha fábrica junto con el arrenal del Espartal (BOPA, 2007). Sus primeros cuatro hornos comenzaron a funcionar en noviembre de 1855, y a los tres años ya producía cinco veces más cinc del que se consumía en toda España, por lo que la mayor parte de la producción se exportaba. Las instalaciones de la fábrica empiezan a completarse cuando en 1863 se construyen en Arnao los talleres de laminación y elaboración de cinc. La importancia de la RCAM queda atestiguada en la visita que en 1858 realiza la reina Isabel II a sus instalaciones, en el transcurso de la cual la soberana utiliza la línea férrea de la compañía y desciende a la mina de Arnao.

En el año 1854, la RCAM descubre el yacimiento de Áliva, iniciando su explotación dos años más tarde, en la que sin duda sería el mayor y más duradero yacimiento de plomo-cinc del Macizo Central. Durante más de un siglo la compañía trabajó en gran parte de los sectores y grupos mineros de los Urrieles, tanto la RCAM como sus empresas filiales (Sociedad Carbones la Nueva y Sociedad Minera Picos de Europa, S.A.).

En 1903 comienzan los problemas de explotación de la mina de carbón de Arnao debido a las primeras filtraciones de agua del mar. En 1905 se produce una gran filtración de 2000-3000 metros cúbicos por día, permaneciendo en explotación solo las capas situadas por encima del nivel del mar. Tras la inundación de la mina por una filtración de agua en 1915, la empresa decide el abandono de las labores, fundando una fábrica en San Juan de Nieva para el tratamiento de esfalerita y de ácido sulfúrico concentrado, iniciándose así un nuevo proceso industrial para la obtención de cinc a partir de esfalerita, en lugar de utilizar como se hacía hasta ese momento, la calamina. El carbón pasa a ser suministrado desde los valles mineros asturianos (BOPA, 2007).

Esto marcará un punto de inflexión también en los minerales beneficiados, ya que hasta la fecha eran las calaminas de las monteras de los yacimientos las que se explotaban (como sucedería en Udías y La Florida) y pasaron a beneficiarse los sulfuros. El cinc de las calaminas se beneficiaba por tostación, mientras que las blendas se concentraron por flotación.

En 1912, con motivo de una expedición de caza de rebecos a los Picos de Europa del rey Alfonso XIII, la RCAM construye el Chalet Real para hospedar al monarca (Figura 158), con un coste de 125.000 pesetas de entonces (Pidal y Zabala, 1918).

En 1981 y después de una crisis de producción, la RCAM se integra dentro de Asturiana de Zinc S.A., empresa constituida en 1957 (Laso, 1989). El fin de la explotación por parte de esta compañía en los Picos de Europa se produjo en 1985, al pasar la titularidad de las minas del grupo minero de Áliva al empresario Agustín Balmori.

La última mina cántabra de cinc en explotación fue la de Reocín que perduró hasta el año 2003 (también perteneciente a la RCAM-AZSA).

3.1.4. DE LA ESFALERITA INDUSTRIAL A LA BLENDA ORNAMENTAL

En el año 1985, la empresa AZSA vendió las concesiones mineras de la zona de Áliva, al empresario Agustín Fernández Balmori, poniéndose fin a 130 años casi continuados de beneficio de la esfalerita y la galena para usos industriales.

El nuevo concesionario enfocó los esfuerzos, principalmente, en el beneficio de la esfalerita como mineral ornamental o de colección. Los ejemplares de “blenda acaramelada” ya eran conocidos a nivel internacional (Sainz y García, 1996), pero fue en esta época cuando las grandes ferias internacionales de mineralogía empiezan a mostrar de manera sistemática ejemplares de blenda de la mina Las Mánforas. No se reconocen labores de reprofundización de la mina, sino más bien labores de rebusca de pilares y bolsadas.

En 1989 se pone fin a la explotación minera definitiva en los puertos de Áliva. Desde entonces las minas han sido el objetivo de coleccionistas y curiosos en general que se acercan atraídos tanto por la posibilidad de obtener muestras de esfalerita acaramelada, como por la observación de los vestigios de la actividad minera que se hallan aún presentes.

El hecho de que personas sin la debida autorización se adentraran en las galerías para la obtención y recolección de muestras con el consiguiente riesgo, llevó en el año 2009 a las autoridades del Parque Nacional a realizar un cerramiento permanente de la galería de acceso mediante una losa de hormigón sobre suelo y pared (Figura 43).



Figura 43: Cierre de la bocamina por parte de las autoridades del Parque Nacional de Picos de Europa, de la Mina Las Mánforas en agosto de 2009.

En la actualidad existe un importante patrimonio mineralógico mueble diseminado por colecciones públicas y privadas en todo el mundo. En los museos de muchos países podemos encontrar muestras de esfalerita de las minas de Álava, lo que demuestra la relevancia y calidad de los ejemplares extraídos en estas labores. Además de colecciones privadas como las de G. García, J.M. Cuesta y E. Infiesta, A. Bueno, M. Hedrosa, J. Catmur, A. Fernández, C. González Burgueño, J. Fabre, R. Sanabria, J.M. Sanchís, Stuart y Donna Wilensky, R. Fernández-Rubio o la tan destacada colección Folch (Gómez *et al.*, 2006), los principales museos de ciencias naturales, geología o mineralogía de España o el extranjero, cuentan en sus exposiciones con esfaleritas (blendas acarameladas) de esta zona de estudio.

Destaca en el ámbito nacional, el Museo Geominero del IGME, con 15 muestras expuestas (incluyendo una descripción del yacimiento y una serie de cristales, Figura 44), o el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona con más de 30 ejemplares catalogados. Otros museos con esfaleritas de Álava son el Museo Don Felipe de Borbón y Grecia de la Escuela de Minas de Madrid, el Museo de Ciencias Naturales y el Museo de Mineralogía de la Universidad Autónoma, estos tres en Madrid; el Museo de Ciencias Naturales de Álava y el Museo de Geología de la Universidad de Oviedo.



Figura 44: Ejemplares y cartel explicativo de las minas de Álava en el Museo Geominero (IGME) de Madrid.

En el extranjero, museos tan destacados como el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian, en Whashington DC (EEUU) (Figura 45, derecha), los también Museos de Historia Natural de Berlín, Londres, Oxford y Florencia, el Museo Nacional de Escocia, el Real Instituto Belga de Ciencias Naturales (Figura 45, izquierda) o el Museo de Ciencias de la Tierra de Sedgwick, en Cambridge, cuentan entre sus colecciones con esfaleritas procedentes principalmente de la mina de Las Mánforas.



Figura 45: A la izquierda, esfalerita perteneciente al Real Instituto Belga de Ciencias Naturales; a la derecha esfalerita tallada procedente de Álava, perteneciente a la colección del Instituto Smithsonian (Whashington, EE.UU).

3.2. MINERÍA Y KARST

Son numerosos los casos a lo largo de la historia minera española en los que se ha documentado la conexión de minas con cavidades naturales, dando lugar a una interacción intensa de la actividad extractiva con el medio subterráneo kárstico (Fernández-Rubio, 1989).

El Macizo Central está constituido casi en su totalidad por materiales carbonáticos, en los cuales los procesos kársticos están muy bien desarrollados y en donde la práctica totalidad de las mineralizaciones se localizan principalmente en las zonas de contacto de las calizas y las dolomías.

En un macizo en el que tanto los fenómenos kársticos como la minería son tan abundantes no es de extrañar que existan numerosos casos de relación entre ambos (Figura 46). Encontramos desde fenómenos de posible arrastre de mineralizaciones hacia fondos de cavidades que pudieron ser beneficiados, hasta los sucesos más comunes de las conexiones accidentales de galerías mineras con simas y galerías kársticas, denominados en el argot minero como soplaos.



Figura 46: A: Pequeño soplao con concreciones en la mina de Las Gramas. B: restos de concreciones carbonáticas y fragmentos de espeleotemas en las escombreras de la mina Inés, grupo minero de Áliva, extraídos durante la época de explotación de las galerías.

En el Macizo de los Urrieles, destacan dos casos: el primero en la mina Berto, situada en las inmediaciones del Chalet Real, con el descalce de un relleno de dolina por una galería minera y el más llamativo, por su espectacularidad, que es el soplao de la mina de Las Gramas.

La relevancia a nivel de aprovechamiento turístico de los soplaos en España, justifica una descripción más a fondo de este tipo de elemento geológico/minero, más aún en esta investigación en la que se considera a la mina de Las Gramas como una de las zonas potencialmente más interesantes de intervenir desde el punto de vista del patrimonio geológico y minero, como se verá posteriormente en el capítulo 9.

3.2.1. LOS SOPLAOS MINEROS

El caso más conocido de conexión de una excavación subterránea con una cavidad natural recibe el nombre en el argot minero de soplao. Esta intercepción, produce una fuerte corriente de aire fresco sobre las labores (Fernández y Valls, 2007).

La fecha en la que se empleó por primera vez este término no se conoce, aunque sin duda sería en un ambiente minero, dado que a lo largo del siglo XIX y hasta muy avanzado el XX, la mayor parte de los trabajos subterráneos en España era de índole minera, representando un porcentaje mayor que el de los túneles de obras civiles (Jordá-Bordehore, 2011). En estos últimos, evidentemente también se interceptan cavidades, dando lugar al mismo tipo de fenómeno. A lo largo y ancho de la geografía española encontramos referencias a soplaos, cuevas o sistemas de fisuras interceptados por la actividad minera.

En 1839, Ezquerro del Bayo, en su libro *Elementos de laboreo de minas* ya hace mención al término “soplado”. Desde principios del siglo XX e incluso hoy en día se le denomina soplao, un vulgarismo aceptado. En el capítulo II de dicho libro, referente al desagüe de las excavaciones (Del Bayo, 1839) apunta refiriéndose al criadero de las Alpujarras “... *Esta ventaja es debida a unos grandes agrietamientos que presenta aquel terreno en todos los sentidos y en todas direcciones, a los cuales llaman soplados, y ellos sirven de desagüe, y al mismo tiempo proporcionan aire respirable a los subterráneos con quienes comunican.*”

Casiano de Prado (1864) en su *Reseña física y geológica de la Provincia de Madrid* en un apéndice referente al inventario de cavernas y minas de España, al mencionar las cavernas de Almería describe el término “soplado”: *“La famosa caverna de Nieves, con huesos, ánforas etc., en la parte donde se ha penetrado, pues es muy larga, en Canjáyar. Es notable que en la Sierra de Gador donde se halla este pueblo, tan nombrado por su riqueza mineral, siendo toda de caliza, no se sepa que exista ninguna otra caverna. Lo que en ella hay son muchísimos sopladitos, esto es, grandes grietas de bastante amplitud que proporcionan a las minas ventilación natural.”*

De los soplaos mineros más conocidos que encontramos en España pueden destacarse:

- Coto Txomin, Lanestosa (Vizcaya). Se trata de una serie de minas de plomo, la más importante de ellas denominada “Mina Manuel”. A lo largo de la ladera del Pico del Moro se distinguen las labores principales, que constan de dos galerías importantes de arrastre que interceptaron un gigantesco complejo de simas con profusión de espeleotemas. Los mineros utilizaron los soplaos como coladeros para el estéril. Las minas de Lanestosa fueron explotadas por la RCAM, que abandonó las concesiones hacia los años 1940 cuando fueron adquiridas por la Sociedad Coto Txomin.

- Mina Ángela. Matienzo. Valle de Carranza (Vizcaya). La mina Ángela (Figura 47), en Matienzo (Valle de Carranza) es una explotación abandonada, que se trabajó entre 1953 y 1977 (Franco, 2012) para beneficio de galena y esfalerita y en los últimos años fluorita. En su interior la galería de arrastre interceptó varias zonas karstificadas, entre ellas dos importantes simas, una al inicio y otra al final de la galería de arrastre, “el soplo de la Leona”, hacia la confluencia con el pozo interior. Este último soplo presenta abundantes espeleotemas. Ambas se aprovecharon para verter en ellas estériles, por lo que sólo se conservan las partes superiores. Parte de la mina ha sido en los últimos años habilitada para su visita turística por el Ayuntamiento de Carranza.



Figura 47: Trabajos de investigación con georradar en los soplaos de mina Angela en 2010. Fotografía cortesía de Félix Martínez.

Ya en Cantabria encontramos algunos de los casos más espectaculares de soplaos mineros:

- Minas de Udías – Cueva de El Rescaño, Udías (Cantabria) (Figuras 48 y 49). El complejo de las minas de Udías y la cueva del Rescaño constituyen uno de los conjuntos cueva-mina o soplaos más importantes de Europa. La cueva tiene un desarrollo total de 13,5 km. y fue descubierta a través de un soplao minero en Udías el 1 de febrero de 1912 por el capataz de la RCAM, Rafael Lecuona, trabajando en la mina de Seldelhaya (Fernández y Valls, 2004). Una vez descendido el pozo mediante un torno, se constató la existencia de una gran galería por la que circulaba un río. Lecuona enseñó el descubrimiento al geólogo francés L. Mengaud, quien describió el hallazgo en su libro “Recherches Geologiques dans la Region Cantabrique” (Mengaud, 1920).

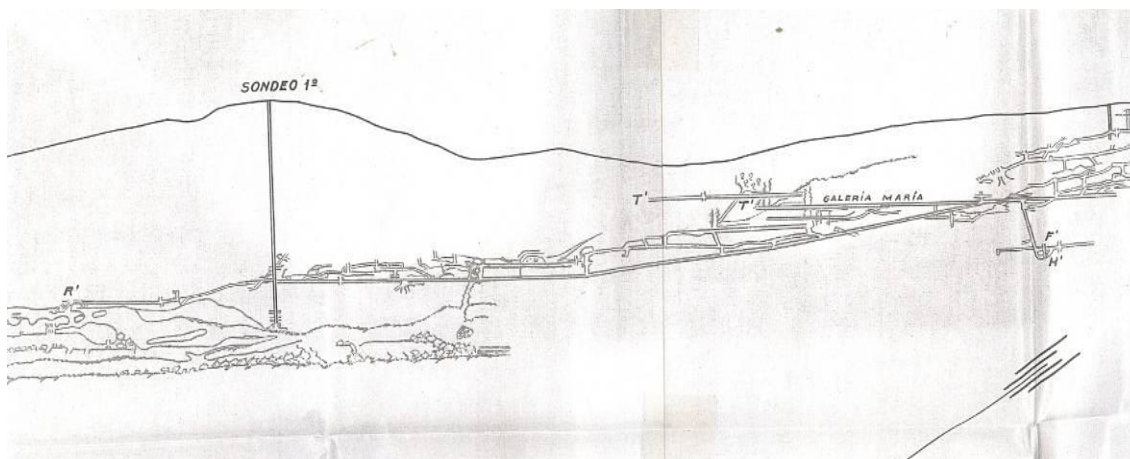


Figura 48: Extracto del plano de las minas de Udías, del Proyecto Fin de Carrera de Luis del Campo en 1930. En el plano se aprecian tanto un soplao utilizado en las inmediaciones de la galería María como una zona kárstica bajo el segundo nivel.

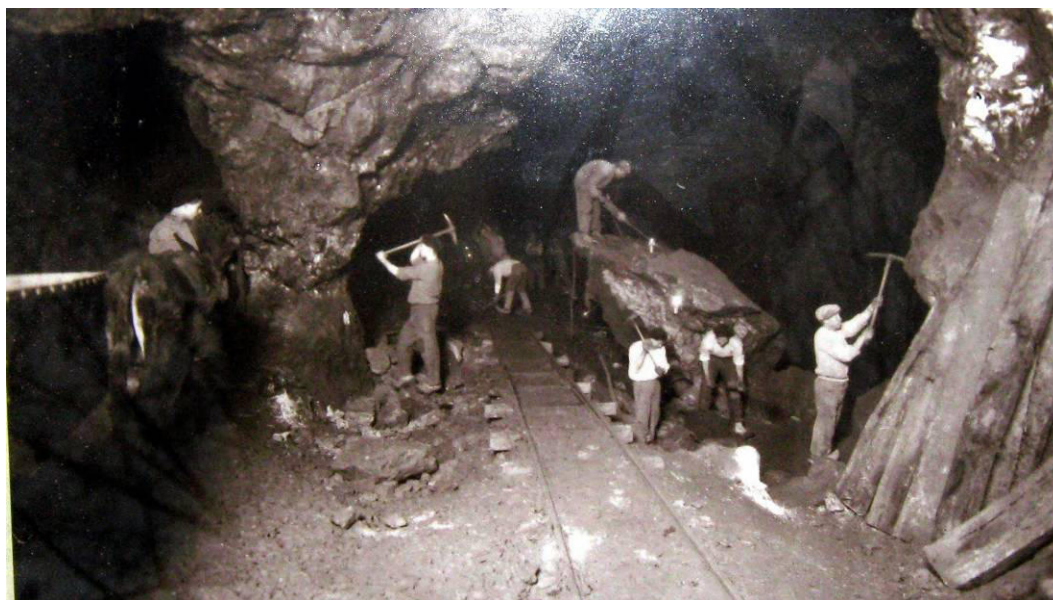


Figura 49: Mineros trabajando en 1901 en las minas de Udías (fuente: Posada la Gándara, Cobijón, Udías).

- Mina Buena, Udías (Cantabria). Se trata de una mina secundaria del grupo de Udías, sin conexión con el complejo principal de galerías. Desde el punto de vista del patrimonio geológico y minero resulta interesante pues intercepta un soplao con espectaculares formaciones de excéntricas de aragonito.

- Minas de La Florida – Cueva de El Soplao, Valdáliga-Rionansa (Cantabria). Explotadas desde 1857 hasta su cierre en 1978 fueron una de las minas de cinc más importante de Cantabria. La mina intercepta en varios puntos una cueva de enormes dimensiones bautizada precisamente como “Cueva de El Soplao”. En 1908, durante el avance de galería de La Isidra se interceptó una gran cueva, produciéndose una entrada de aire, típica de los soplaos. La cueva sirvió para paso de los mineros de una a otra zona de la mina, como captación de agua y como vertedero de escombros. Las espectaculares formaciones debieron despertar la curiosidad (Jordá-Bordehore y Jordá, 2011), pues existen varias fotografías de los mineros posando (Figura 50).



Figura 50: Grupo de mineros posando junto a un conjunto de espeleotemas. Fotografía cortesía de Asturiana de Zinc.

- Minas de Ándara, Picos de Europa (Cantabria). Ándara constituyó junto con Aliva el principal sector de la minería del cinc en Picos de Europa. Se extrajeron principalmente calaminas. La minería comenzó en la zona en 1859, en el grupo de La Providencia, cuyo sector tuvo un periodo de actividad más reducido que en Áлива, cesando prácticamente en el año 1929 (Gutiérrez-Sebares, 2007).

En la zona de las minas de Ándara encontramos tres grandes simas descubiertas por las galerías mineras: el sistema de la mina Sara, la torca de la Ramazosa y la torca de Mazarrasa (Fernández y Valls, 2004). Se trata de simas de más de 300 metros con gran interés para los espeleólogos,

que han llevado a cabo varias expediciones internacionales desde los años 70 de siglo XX. Estas simas pasaron prácticamente desapercibidas en la época de explotación minera; no tuvieron gran importancia, a excepción de la entrada de aire fresco, ya que son simas muy verticales que no conectaban galerías entre sí, por lo que no podían utilizarse como coladeros de mineral.

3.2.2. EL SOPLAO DE LAS GRAMAS

Desde el punto de vista de su estructura y su conexión con el exterior uno de los soplaos más importantes del norte de España es el de las minas de Las Gramas, ubicadas en el sector minero de Lloroza. En él, se genera una enorme corriente de aire, refrescada por algunos neveros de las bocas superiores (Figura 52) que hacen que la temperatura de las galerías se sitúe en verano en torno a los 2°C.

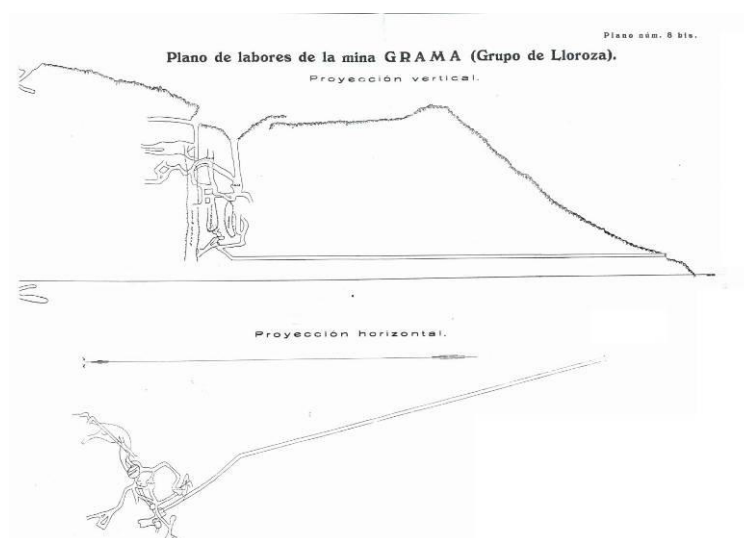


Figura 51: Croquis del soplaio de las minas de Las Gramas en Picos de Europa según Mazarrasa (1930). Es probablemente uno de los soplaos más importantes del norte de España por los silbidos producidos por la corriente de aire, que se oyen en la galería inferior.

Además de la gran chimenea que conecta las galerías superiores con la galería inferior de extracción de mineral, un recorrido por las galerías nos permite observar varios conductos kársticos (Figura 52), algunos de ellos retrabajados por los mineros.

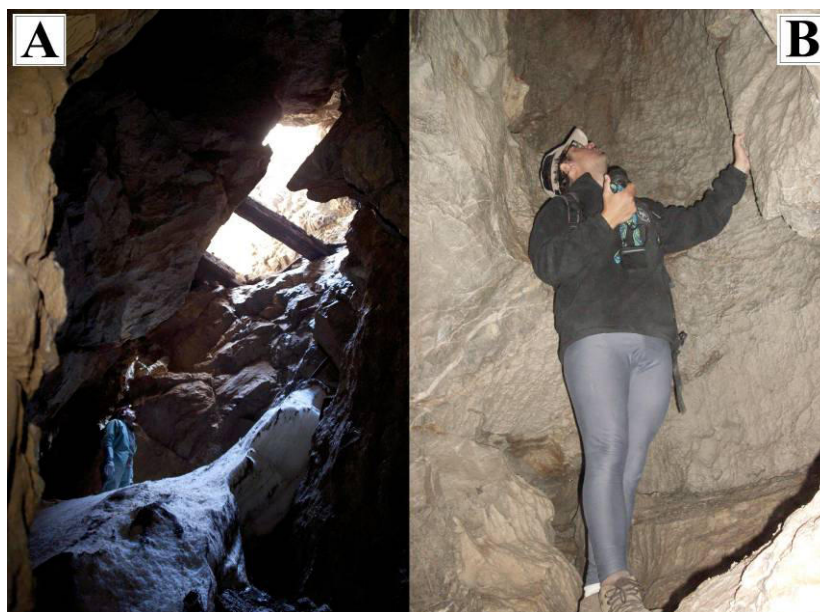


Figura 52: A: acceso superior a la mina de Las Gramas. B: chimenea kárstica en el interior de una galería de la parte inferior del grupo minero de Las Gramas.

3.2.3. COLAPSO DE DOLINA, MINA BERTO

Un fenómeno relativamente frecuente es el relleno de cavidades paleokársticas tanto de yacimientos metálicos (Ford y Williams, 1989) como no metálicos (Sanz, 2005).

Como se ha indicado anteriormente, la alteración de las calizas, principalmente por su disolución provoca que se liberen materiales arcillosos, que se acumulan en los fondos de las depresiones kársticas, dando lugar a unos suelos arcillosos de color rojizo conocidos como *terra rossa*. En Picos de Europa, en zonas de baja pendiente o de pradera, las simas suelen rellenarse con sedimentos hasta colmatarse (Jordá, 2009). Durante la realización de las galerías de mina es frecuente encontrarse con estas dolinas rellenas.

En ocasiones, si se producía el colapso a cierta profundidad podía ocasionar la liberación súbita de agua de niveles freáticos colgados. De este fenómeno se tiene constancia en las minas de la Florida (Cantabria). El karst, presente en buena parte del desarrollo de esas minas, dio más de un susto. Las zonas rellenas con arcilla y bloques que podrían desprenderse, eran entibadas con

madera. Las galerías al interceptar conductos kársticos podían dar lugar a “soplaos” de aire, beneficiosos, pero también a peligrosos taponazos de agua (Jordá-Bordehore y Jordá, 2011).

Otros casos destacados de interacción de galerías mineras en karsts rellenos podemos localizarlos en las minas de S'Argentera en la isla de Ibiza, donde los conductos kársticos están completamente rellenos de material arcilloso de descalcificación. En este caso, la mineralización, proveniente de la erosión de filones en zonas superiores, se encuentra diseminada en el propio relleno (Jordá *et al.*, 2011). En la zona de Picos de Europa, se llegaron a aprovechar estos depósitos de material removido en el interior de cavidades donde se acumulaban cantidades variables de minerales metálicos (Gutiérrez y Luque, 2000).



Figura 53: A la izquierda, relleno arcilloso laminado en el interior de las galerías Almanzora, en el grupo minero de Áлива. En la imagen de la derecha, canal de bóveda en las minas de S'Argentera, Ibiza. Aún se aprecia el relleno arcilloso que cubría toda la cavidad.

Las labores Berto, están situadas en un promontorio calizo junto a una zona de poca pendiente, con más de un metro de espesor de suelo rojizo, superior al de otras zonas aledañas. En estas labores el avance de la principal galería al interceptar con una dolina colmatada (lo que se ha identificado como pozo P4), produjo el colapso del relleno, al tratarse de materiales poco compactados (Figura 54). Desde superficie, aún se observa el colapso con la estratificación del relleno y las paredes de la cavidad (Figura 55).

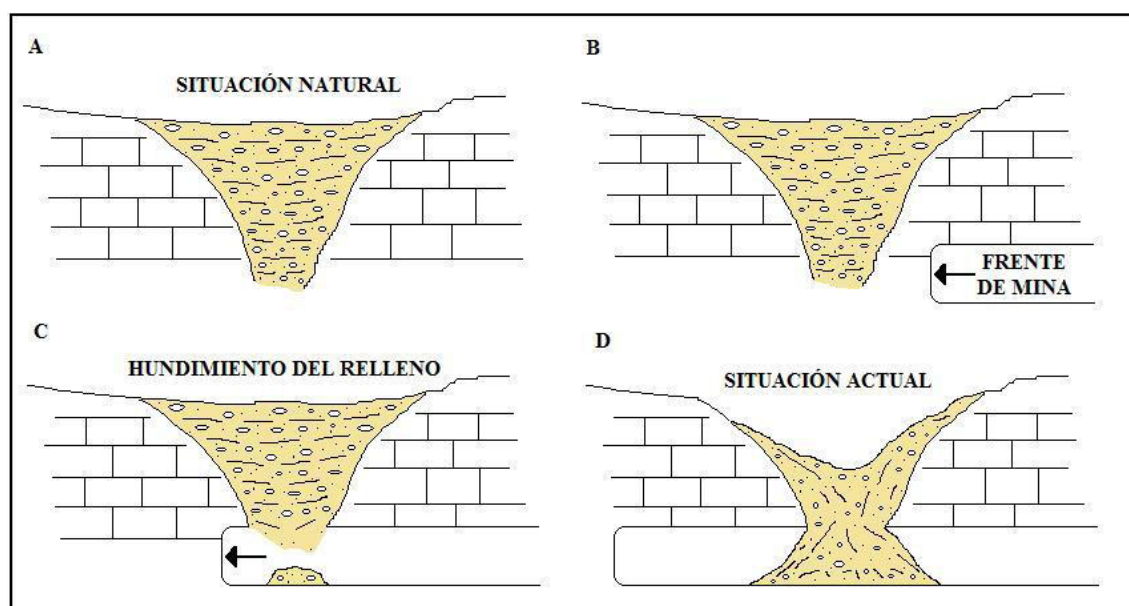


Figura 54: Croquis del proceso de colapso de la galería de mina a su paso por la zona de relleno (Jordá y Jordá, 2011).



Figura 55: Colapso de dolina rellena. En la parte inferior derecha se aprecian las paredes de la cavidad natural, con algunos espeleotemas bien desarrollados.

3.3. LABOREO Y TRATAMIENTO DEL MINERAL

3.3.1. MÉTODOS DE LABOREO

No existe un método de laboreo específico de la zona de estudio, ya que, la manera de explotar las minas se adaptó a la forma y el tamaño de cada uno de los yacimientos. Cabe destacar la mina de Las Mánforas, explotada por grandes cámaras abiertas desde subniveles y el “curioso” laboreo de la mina de Las Gramas, a favor de un enorme soplao kárstico, ambas minas con considerables infraestructuras subterráneas.

La mayoría de las labores se han desarrollado a partir de afloramientos superficiales de la mineralización. Según fuese más o menos grande la zona mineralizada encontramos desde galerías-socavón hasta pequeñas minas con dos o tres niveles, algún pocillo y un desarrollo máximo de un centenar de metros (Almanzora, Providencia, Altaiz y Ya Salió) (Figura 56). Cuando era posible se explotaba desde arriba hacia abajo por banqueo, de tal forma que se abrían cámaras sin necesidad de estemples de madera.



Figura 56: Típica labor minera superficial, avanzando mediante el vaciado de la zona mineralizada hacia dentro del macizo rocoso (mina San José, Liordes).

No había, salvo muy raras excepciones, fortificación alguna, siendo la resistencia de la mena y del macizo circundante semejante y muy elevada; la roca se extraía mediante voladura, empleando barrenos manuales. La zona mineralizada no solía ser grande y por tanto se extraía en su totalidad, dejando que paredes y techos de dimensiones irregulares se sostuvieran por sí mismos. No había una forma establecida de las cámaras o huecos minados, sino que éstos tenían la forma del mineral extraído; encontramos cámaras alargadas, grandes zanjones de varios metros de altura, etc. Este método podría denominarse de “cámaras abiertas irregulares” según la mineralización, con la apertura a techo o muro desde un único nivel que luego se ensanchaba en realce o rebaje. En el caso de cámaras o realces pequeños (Figura 57, izquierda), el piso de trabajo estaría formado por el propio mineral arrancado, mientras que en zanjones o realces grandes se emplearían camadas de estemples para trabajar sobre ellos y volcar el mineral hacia abajo, donde se acumularía. El acceso a las labores y la extracción del mineral se hacía por la misma zona de laboreo, sin galerías ni pozos auxiliares (en la mayoría de los casos), empleando canastos y carretillas. Cuando se descubría un afloramiento mineralizado, éste se continuaba desde el exterior hacia el interior, vaciándolo en su totalidad en caso de estar a media ladera, empezando una zanja que luego terminaba en una cámara subterránea más o menos desarrollada. En caso de empezarse desde una zona llana se profundizaba y posteriormente se ensanchaba un socavón vertical.

Sólo en aquellos casos en los que estos zanjones o cámaras alcanzaban un tamaño importante se podría dejar algún pilar con mineral, aunque esta circunstancia fue sumamente rara (Figura 72), o un pequeño puente de roca (pilar-puntal o llave, Figura 57, derecha). El escaso volumen de mineral de todas estas labores ha hecho que su tiempo de explotación haya sido de pocos años y, en muchos casos, de unos pocos meses de laboreo para minas de menos de 30 metros de desarrollo (tal es el caso de la mina Marta Navarra).



Figura 57: A la izquierda, realce minero (mina “Ya Salió”, Fuente Dé). A partir de una galería horizontal se descubre en el interior del macizo una masa mineralizada a techo, se mina desde abajo hacia arriba, perforando sobre estemples de madera o bien con camadas de estéril. A la derecha llave de mineral en una zona de baja calidad geomecánica relativa (Altaiz).

En general, es poco frecuente ver infraestructuras subterráneas, es decir pocillos o galerías excavados en estéril. Las encontramos en labores mineras de un cierto volumen mineralizado y con continuidad hacia dentro del macizo o en profundidad. En esos casos, no es factible avanzar solo a favor de la zona mineralizada por motivos de entorpecimiento de labores o porque se descubre una veta en superficie y se quiere alcanzar a menor cota. Encontramos por ejemplo casos similares en Almanzora, Ya Salió, Canal del Vidrio, Providencia y Altaiz, con galerías excavadas en estéril para alcanzar zonas minadas en profundidad. Igualmente en labores verticalizadas se ejecutan varios niveles de galerías para explotar por realces la masa mineralizada a diferente cota; entre estas galerías encontramos pocillos para verter mineral o para ventilación. Pozos propiamente dichos sólo hay en la mina de Las Mánforas.

Mina de Las Mánforas

El caso de la mina de Las Mánforas es completamente diferente al resto. Se trata de una mina en la que se explotaron durante más de cien años diversos cuerpos mineralizados de grandes dimensiones. No es aplicable una técnica “intuitiva” que pueda poner en riesgo la mina o deje masas mineralizadas sin explotar. Además, se trata de un yacimiento donde la mayor parte se encuentra sin aflorar, cubierto por canchales y derrubios de la Canal del Vidrio y las cuestas de Juan de la Cuadra; únicamente afloraba la parte antiguamente explotada del yacimiento, compuesto por calaminas y sulfuros de la zona de la mina Providencia.

El acceso a las masas mineralizadas de la mina de Las Mánforas se realizó siguiendo un laboreo minero ordenado y “moderno”, consistente en pozos a partir de los cuales se desarrollaban galerías a diferentes cotas dirigidas a los distintos cuerpos mineralizados. La mina de Las Mánforas tiene la particularidad de no tener castilletes exteriores para los pozos, debido a las inclemencias meteorológicas y las frecuentes avalanchas durante el invierno. La mina consta de una galería general de arrastre en el primer nivel y en ella se practicaron anchurones para la implantación de los pozos que descienden a los niveles inferiores.

En la técnica minera tradicional, una vez reconocido por sondeos y pequeñas galerías el alcance de una masa mineralizada, se diseña el plan de laboreo de la misma. El objetivo es extraer esa masa dejando una cámara vacía. Si la calidad del material encajante y del propio cuerpo mineralizado es buena, no se precisan pernos de sostenimiento para el techo ni hastiales de la futura cámara. Se excavan al menos dos galerías (a veces más), una a la cota inferior de la masa a explotar, y otra a la cota más elevada en la que se realiza una explotación por bancos y testers (Tolentinos, 1925). Desde la galería superior se abre en toda la dirección de la cámara y se va descendiendo por banqueo desde un extremo de la cámara hacia el otro, extrayendo el mineral por el nivel inferior (Figura 58).

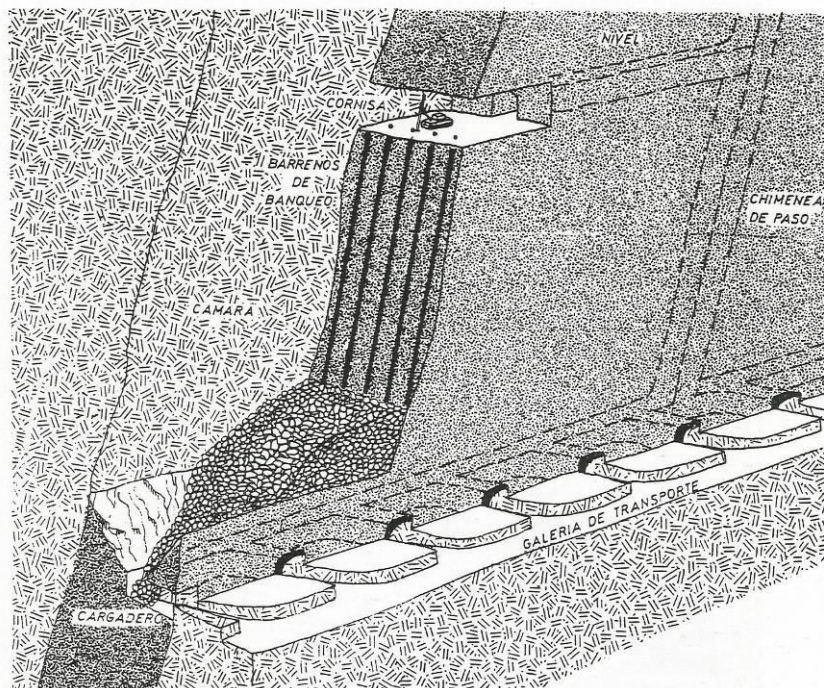


Figura 58: Esquema idealizado del banqueo de una cámara abierta desde dos niveles, uno en cabeza y otro de base para una masa o filón subvertical (Ramirez Oyanguren *et al.*, 1991).

En la mina de Las Mánforas, geotécnicamente, la calidad del macizo es excelente, permitiendo la apertura de grandes cámaras con vanos de más de 30 metros sin necesidad de sostenimiento alguno. Solamente, la presencia de importantes flujos de agua y arcillas en las épocas de lluvias y, la interceptación de acuíferos kársticos afectaban negativamente a la estabilidad de la mina.

Minas de Las Gramas

Sin duda alguna se trata del laboreo minero más original e ingenioso de este sector de Picos de Europa. Es una mina que explotó un cuerpo mineralizado subvertical y arriñonado. La mina tiene dos sectores claramente diferenciados:

El sector Norte con pequeños cuerpos mineralizados aflorantes que empezaron a trabajarse a cielo abierto y que se siguieron en profundidad a través de numerosas galerías en estéril y espiral.

El sector Sur o del Soplo, donde la mina se desarrolla a favor de una enorme cavidad kárstica subvertical de 100 metros de profundidad a modo de sima. Se desconoce la cantidad de labores subterráneas propiamente dichas, pero en la superficie se aprecian dos conos muy grandes donde se vertía mineral de varias labores de la zona superior del sector de Las Gramas. El mineral a modo de coladero pasaba a través de la sima y alcanzaba una zona de acopio inferior desde donde era extraída al exterior por una larga galería de arrastre. En este nivel basal se ubican varias galerías secundarias a partir de las cuales se abren varios realces en la zona mineralizada.

3.3.2. BENEFICIO Y TRATAMIENTO DE LOS MINERALES

Un aspecto que llama la atención en la minería de Picos de Europa es, a excepción de la mina de Las Mánforas, la escasez de instalaciones de beneficio mineralúrgico. El conjunto de las minas del sector constituye un grupo de cierta entidad, que en “condiciones normales” dispondrían de una zona común a varias minas (según las concesiones de las compañías explotadoras) para un tratamiento de la mena. La mena más ampliamente explotada está compuesta por esfalerita y calaminas. Hasta comienzos del siglo XX en que se empieza a aplicar la flotación con espumas (Solano, 2005), se beneficiaba solo las calaminas, más fáciles de extraer y con una ley en cinc similar a la esfalerita (ambas con un contenido en cinc superior al 50%).

Las durísimas condiciones de la zona, así como la existencia de numerosas y pequeñas minas remotas, hacían muy complicado establecer un área “propicia” para el tratamiento de mineral. Dado que se trataba en un principio de una explotación de calaminas, debería ser de hornos de calcinación. En algunas labores del sector de Lloroza (collado de Fuente Escondida y parte superior de Las Gramas) se han encontrado restos de pequeñas plantas de tratamiento. También se tiene alguna cita histórica de lavado de mineral en la zona de Liordes (Saint-Saud, 1922). En general, en la minería de la zona se extraía el mineral de más alta ley y se estriaba a mano,

separando los fragmentos de la ganga, quedando una cámara o bolsada limpia; la mena resultante se bajaba hasta el valle desde donde era transportada a los hornos de calcinación o fábricas de beneficio.

Los sulfuros no se beneficiaban en las minas de menor entidad y es por ello, que encontramos grandes concentraciones de fragmentos con esfalerita y galena en las escombreras de muchas labores. Las calaminas se someten a calcinación en hornos en un proceso en el que se obtiene óxido de cinc y se desprenden agua, ácido carbónico y otros gases en función de las composiciones de las mezclas de las calaminas. El óxido de cinc obtenido mediante esta técnica se sometía a un proceso de reducción en otro tipo de hornos para la obtención del cinc metal.

En la mina de Las Mánforas a diferencia de otras minas menores, además de recoger el mineral más rico, aquel con algo más de ganga e impurezas era triturado en molinos de cilindros y concentrado por métodos gravimétricos tradicionales (Gómez *et al.*, 2006). El material una vez concentrado era bajado al igual que el material rico también hasta Espinama, y de ahí a Ojedo, donde era calcinado (Mazarrasa, 1930).

El grupo minero de los puertos de Áliva fue por tanto una excepción en el conjunto de la zona. Ya en las crónicas de Pidal y Zabala (1918) se habla de un lavadero a los pies de la Canal del Vidrio. A partir de los años 50 del siglo XX va a destacar la mina de Las Mánforas como la más tecnificada del sector dejándose de explotar las pequeñas mineralizaciones de todas las labores del entorno.

Un hito importante para poder beneficiar los sulfuros fue la construcción en 1957, por parte de la Sociedad Carbones La Nueva, del lavadero de flotación (Figura 59). Las instalaciones se fueron modernizando constantemente hasta el abandono definitivo de la mina y la planta. Este

sistema permitió recuperar de forma efectiva los sulfuros en la mina de Las Mánforas. Consta de dos máquinas de flotación de 6 celdas (para tratar un todo-uno triturado de 20 mm y molido a 80 mallas), de un clasificador con bombas para la pulpa, y de diversas bombas de agua. Esta planta estaba diseñada para el tratamiento de 50 toneladas/día de todo-uno, con recuperación del 90% de cinc y el 80% de plomo (Gutiérrez y Luque, 2000).

La técnica de la flotación consiste en, una vez triturado suficientemente fino el todo uno de mena, que contiene galena, esfalerita, otros sulfuros y algo de ganga, introducirlo mezclado con agua en unas celdas. En ellas se insufla aire, generando unas burbujas; se añaden reactivos de tal forma que unos minerales se “pegan” a estas burbujas y son extraídos por arriba con unas paletas, mientras que el resto de la mezcla, ayudada por unos reactivos depresores se va al fondo de la celda. En un primer momento se flotaba la galena, y se deprimía el resto. Una vez extraída la galena, se pasaba la mezcla deprimida a otro circuito donde con reactivos diferentes se flotaba la esfalerita y se deprimía el resto (piritas, calcita, cuarzo, dolomita, etc.).



Figura 59: Restos de la planta de tratamiento de la mina de Las Mánforas.

El rechazo de la planta de concentración, con gran cantidad de agua, se acumulaba en la balsa de estériles que podemos ver hoy en día, de grandes dimensiones y de color blanco llamativo. En esta balsa se decantaban los sólidos y se evaporaba el agua. La composición media

representativa de este dique es de finos de calcita y dolomías, junto con otros metales como hierro y el cinc y plomo que no es recuperado en el proceso. El dique de estériles de Las Mánforas es el pasivo minero final del tratamiento de la mena, con unas dimensiones de unos 185 metros de longitud y una anchura máxima de 110 metros y mínima de 75 metros (Figura 60). En la actualidad contiene aproximadamente unas 600 mil toneladas de materiales estériles



Figura 60: Dique de estériles de Las Mánforas.

Ya en la etapa final de las explotaciones de Áliva, la mayor parte de los concentrados de cinc comenzaron a ser transportados, junto con los procedentes de la importante mina de Reocín (Torrelavega), a la fábrica metalúrgica que la RCAM (y posteriormente AZSA) tenía en Arnao (Asturias). Los concentrados de plomo, por el contrario, se enviaban a la planta de Capuchinos (Gutiérrez y Luque, 2000), que tenía la RCAM cerca de Rentería (Guipúzcoa).

3.4. IMPACTO EN EL PAISAJE Y LA CULTURA MINERA

3.4.1. LOS GRUPOS MINEROS

En el paisaje del Macizo Central, se concentraron numerosas labores mineras, repartidas en lo que se denominaron grupos mineros. Por criterios de proximidad, la unión de varios grupos se identifica como un sector minero. Algunos de ellos, fueron explotados simultáneamente por diferentes empresas mineras, como fue el caso del sector de Áliva, donde la Sociedad La Providencia, el ingeniero Manuel Palacios Antón y la RCAM se repartieron las concesiones en la segunda mitad del siglo XIX (Gutiérrez y Luque, 2000).

En el área de estudio se localizan 4 sectores mineros (Mazarrasa, 1930): Liordes, Fuente Dé, Lloroza y Áliva, los cuales a su vez se dividen en grupos menores (Figura 61). Algunos de estos grupos llegaron a tener gran importancia como el caso de Las Mánforas o el Duje, en el sector de Áliva y otros, en cambio, se quedaron como explotaciones incipientes con apenas evidencias de laboreo, como la mina San Luis, en el sector de Lloroza.

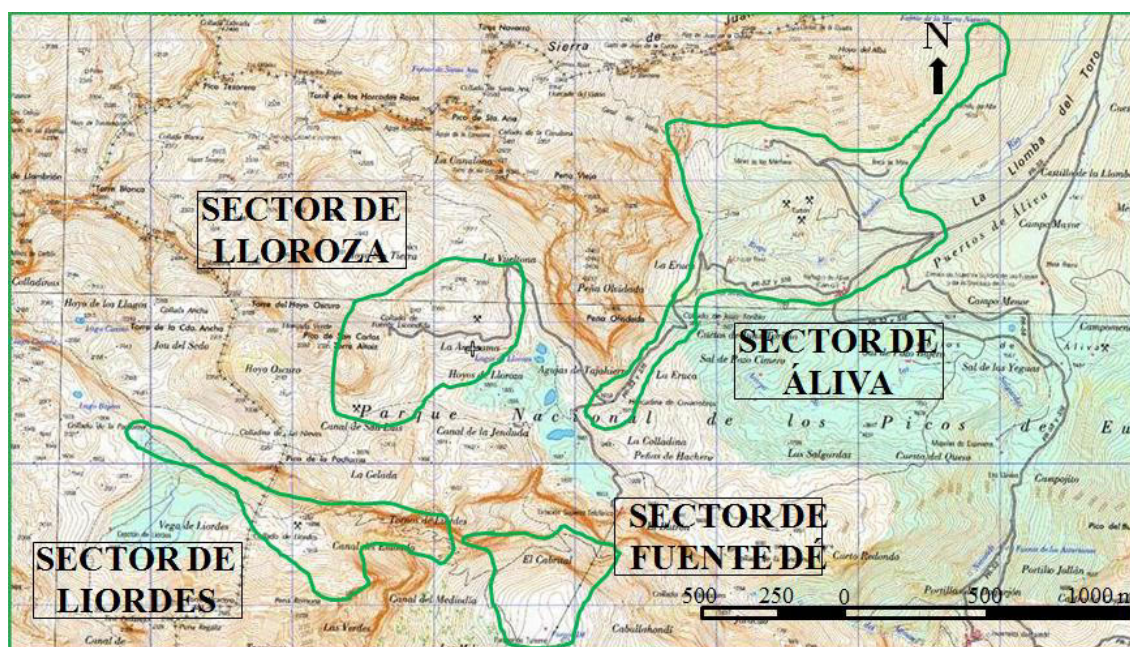


Figura 61: Sectores mineros del área de estudio. Base cartográfica Sigpac.

SECTOR DE LIORDES

Las minas situadas en este sector fueron explotadas desde mediados de la segunda mitad del siglo XIX. La actividad que aquí se desarrolló fue de escasa entidad. Las explotaciones se sucedieron principalmente, desde finales de ese siglo (cuando la dirección de la mina estaba a cargo del ingeniero Marcial de Olavarría) hasta su cese a mediados del siglo siguiente (a cargo de la Sociedad Minas de Liordes). Las labores fueron, por lo general, más superficiales y de aprovechamiento de escombreras, con escasa profundización (Mazarrasa, 1930).

Las explotaciones se localizan en el collado y la Vega de Liordes (Figura 62) y en el Pico de la Padiorna, siguiendo direcciones subparalelas a la Falla de Liordes, que separa este sector del de Lloroza. Las mineralizaciones se localizan en la Formación Picos de Europa, estando presente también en la zona, las unidades pizarrosas de la Formación Áliva.



Figura 62: Panorámica de la vega de Liordes con las labores mineras.

La característica principal del yacimiento es, junto con la presencia de una intensa dolomitización, la existencia de brechas de falla que aparecen buzando hacia el norte. Están asociadas a una fracturación subparalela a la Falla de Liordes (Gómez y Arribas, 1994) y adquieren una disposición netamente filoniana. Coincidiendo con el rumbo de esta gran zona de

fractura, y durante unos 800 metros, se reconocen todavía algunas labores de interior y calicatas superficiales.

La mineralización consiste en esfalerita (predominando la acaramelada frente a la granular), con algo de galena. Las calaminas, explotadas en el siglo XIX, perdieron importancia medio siglo después, principalmente por su disposición irregular en el criadero, como indica Tolentinos (1925):

“Igual que en la anterior campaña, se ha explotado casi exclusivamente la blenda, ya que la calamina sólo se ha encontrado en pequeñas bolsadas y sin guardar una relación fija con las de blenda, puesto que si algunas veces estaba situada sobre ésta, en otras ha sucedido lo contrario”.

El principal yacimiento que estuvo en explotación fue la Mina San José, situada en la falda del Pico de la Padiorna y junto a la Falla de Liordes. Consistía en una labor subterránea (la única con cierta entidad del sector) cuya zona mineralizada alcanzaba los 130 metros de corrida y 20 metros de potencia. Estas dimensiones son muy superiores a las de las otras dos minas de la zona, San Cristobal y Remoña (Gutiérrez y Luque, 2000).

En las inmediaciones del collado de Liordes, se observan ruinas de un casetón rectangular, así como restos de un lavadero de mineral. Ya bajando hacia Fuente Dé, por la Canal del Embudo, entre los Picos de la Padiorna y Remoña, se localiza un camino con una elevadísima pendiente, conocido como los Tornos de Liordes, el cual era utilizado para el descenso del mineral y cuyo desnivel alcanza los 900 metros.

SECTOR DE FUENTE DÉ

Las labores de este sector fueron explotadas en la primera mitad del siglo XX, destacando la figura del ingeniero Gonzalo Pardo González, que tras su etapa en Fuente Dé pasó a trabajar en el sector de Áliva.

Situadas en la gran pared del circo glaciar de Fuente Dé, las labores se integraron dentro de la mina Ya Salió, explotando la mena existente en la Formación Picos de Europa y beneficiando tanto la esfalerita acaramelada como la granular. La zona mineralizada se encuentra próxima a la zona de contacto tectónico (Gómez y Arribas, 1994), con una extensión de 70 metros en la horizontal y 12 metros en la vertical.

La mina consiste en tres niveles de explotación, con un desnivel de 92 metros entre el más alto y el más bajo, estando los dos niveles superiores próximos entre sí, siendo esta la zona explotada. Por debajo del segundo nivel no continúa la mineralización (Gómez y Arribas, 1994).

El transporte del mineral se hacía mediante un cable que comunicaba las minas con la pradera de la parte baja del circo glaciar, próximo a donde hoy se sitúa el Parador Nacional de Fuente Dé. Los restos de la parte inferior del cable son los vestigios de edificaciones mineras que están en mejor estado de conservación de toda la zona de estudio (Figura 63).



Figura 63: Parte inferior del cable de las minas de Fuente Dé.

Los minerales, principalmente sulfuros, eran lavados y concentrados por flotación allí mismo, extendiéndose parte de la balsa de decantación por los terrenos sobre los que actualmente se asienta el Parador Nacional. Una vez cerrada esta explotación, parte de la maquinaria empleada en la planta de tratamiento fue trasladada, en 1957, a la mina de Áliva, donde la compañía "Carbones de La Nueva", filial de la RCAM, estaba proyectando ampliar y perfeccionar los sistemas de concentración mineral (Gutiérrez y Luque, 2000).

SECTOR DE LLOROZA

Los yacimientos de este sector fueron explotados en el primer cuarto del siglo XX por dos compañías; la RCAM que se hizo cargo de las labores comprendidas entre Fuente Escondida y la Vueltona (grupo minero Las Gramas) y la Sociedad Minera Peña Vieja que benefició la zona entre Fuente Escondida y el Pico de la Padiorna (grupo minero Altaiz y mina San Luis) (Figura 64).

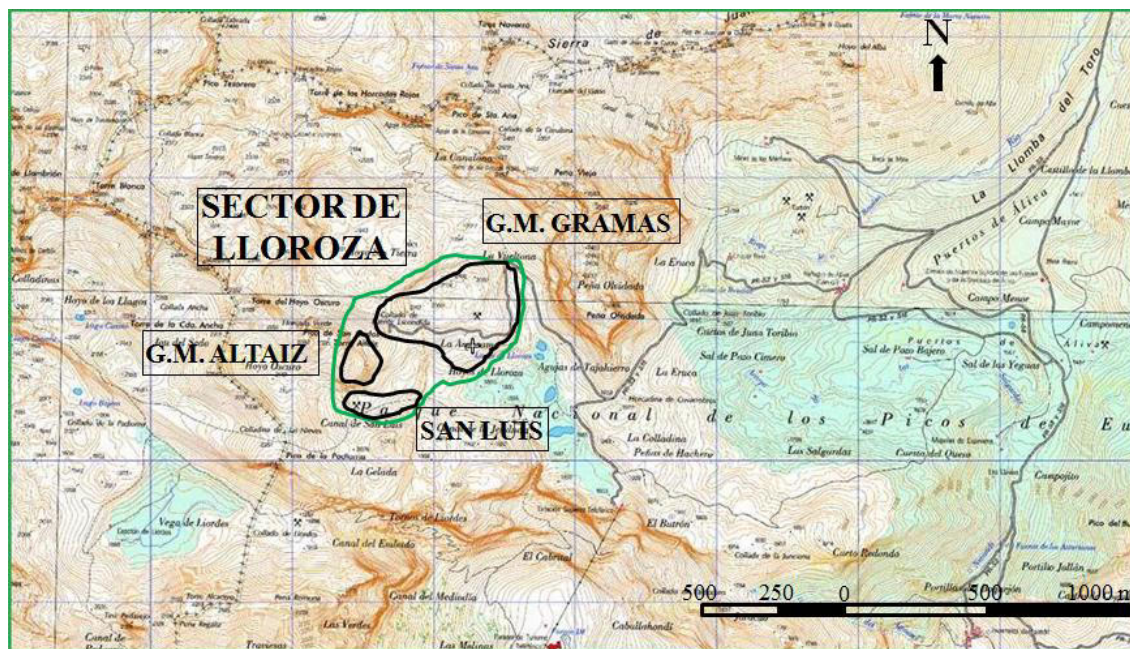


Figura 64: Grupos mineros del sector de Lloroza. Base cartográfica Sigpac.

En los diferentes grupos se beneficiaron principalmente las calaminas (Figura 65) y, en menor medida, la esfalerita (tipo I). La mineralización está relacionada con varios filones encajados en las calizas. El espesor varía entre 1 y 1,5m, con un desarrollo longitudinal que alcanza hasta un centenar de metros (Gutiérrez y Luque, 2000).



Figura 65: Acopio de calaminas en el interior de una galería en la mina de Las Gramas. Fotografía cortesía de Bernard Hivert.

Grupo minero Las Gramas

Es el mayor de los yacimientos del sector de Lloroza, enmarcándose las numerosas labores dentro de la mina de Las Gramas, también llamada Gramera o Garamas (Jordá, 2009). Desde la Vueltona, donde se aprecian las primeras galerías, hasta Fuente Escondida y el Hoyo sin Tierra, se localizan decenas de labores, mayoritariamente zanjas y pequeñas galerías. La labor principal aprovecha la existencia de un soplao para alcanzar más de 100 metros de profundidad. Cabe indicar que en la parte inferior no se localizan zonas mineralizadas significativas y la galería que sale al exterior, servía sólo como galería de arrastre, fruto de lo cual se aprecian las grandes escombreras con más de 5000 m³ de material (Figura 66).

A principios del siglo XX, los minerales de cinc del sector eran descendidos por medio de un cable hasta la pradera de Fuente Dé (Pidal y Zabala, 1918), salvando la gran pared del circo

glaciar del mismo nombre. Posteriormente, las calaminas se transportaban a través de la Horcadina de Covarrobres hasta el lavadero de Áliva y, una vez concentradas, se bajaban en carros de bueyes hasta Espinama para desde aquí ser enviadas, bien a Reocín o bien a los embarcaderos de Hinojedo en la ría de San Martín de la Arena (Gutiérrez y Luque, 2000; Sierra, 2004).



Figura 66: Parte superior e inferior de la mina principal de Las Gramas. La escombrera de la zona inferior es una de las más grandes del Macizo Central.

Grupo minero Altaiz

Situadas principalmente en el pico homónimo, las minas del grupo minero de Altaiz fueron explotadas por la Sociedad Minera Peña Vieja a principios del siglo XX. Lo conforman una serie de galerías y zanjas con recorridos que rara vez superan los 100 metros. En este grupo se incluyen las minas Altaíz, Merejuno y Esperanza (Gutiérrez y Luque, 2000). Para el acceso a la parte superior del grupo se labró un camino en la roca desde el collado de la Fuente Escondida. En dicho collado, aún se encuentran restos de construcciones, seguramente ligadas al tratamiento del mineral. Las mineralizaciones que encontramos en la zona (principalmente se explotaron las calaminas), se presentan con rellenos de calcita y dolomita, y grandes fragmentos brechiformes carbonáticos (Figura 67).



Figura 67: Aspecto de la mineralización en las galerías de la parte superior del grupo minero Altaiz. Filón con grandes cristales de dolomita.

Mina San Luis

Se trata de unas pequeñas labores situadas al pie del Pico de la Padiorna, en el inicio de la Canal de San Luis. Se pueden reconocer varias bocaminas y una zanja de más de 30 metros de recorrido y algo más de 2 metros de ancho. Dispersos por la Canal de San Luis, frente al grupo minero de Las Gramas, se encuentran pequeñas labores superficiales, que podrían ser exploratorias (Figura 68).



Figura 68: A: labores superficiales en la mina San Luis. B: zanjas en los alrededores de la Canal de San Luis.

SECTOR MINERO DE ÁLIVA

Los yacimientos de esta zona fueron los primeros en beneficiarse y los últimos en cesar su actividad. El sector se compone de numerosas minas y labores divididas en diferentes grupos mineros, que fueron explotados desde 1856 hasta 1989, llegando a coexistir varias empresas mineras en el mismo sector (Tabla 5).

EMPRESA MINERA	FECHAS DE EXPLOTACIÓN
Real Compañía Asturiana de Minas	1856-1928
Sociedad la Providencia	1860-1913
Compañía Minero-Metalúrgica Montañesa	1915-1928/1942-1953
S.A. Picos de Europa	1923-1946
Carbones de La Nueva	1955-1966
Sociedad Minera Picos de Europa	1967-1981
Asturiana de Zinc S.A.	1981-1985
Agustín Fernández Balmori	1985-1989

Tabla 5: Principales empresas mineras que estuvieron presentes en el sector de Áliva. Modificado de Gutiérrez y Luque (2000).

Aunque la principal mina que estuvo en explotación fue la de Las Mánforas, en la zona se trabajaron otros grupos mineros, algunos de los cuales llegaron a desarrollar labores de cierta entidad, como en el caso de la mina Almanzora del grupo minero del Duje (Figura 69).



Figura 69: Grupos mineros del sector de Áliva y las dos construcciones en uso actualmente en el sector: Chalet Real (1) y Hotel-Refugio de Áliva (2). Base cartográfica Sigpac.

Las principales mineralizaciones de este sector se encuentran encajadas en la Formación Picos de Europa, en las zonas de contacto entre la caliza y la zona dolomitizada. Existen también algunas otras mineralizaciones dispersas en las pizarras de la Formación Lebeña (Gómez, 1992). Se beneficiaron principalmente los sulfuros, siendo en la zona de la Canal del Vidrio la galena el principal mineral extraído y en el resto del sector la esfalerita, predominando la de tipo II o acaramelada (Gómez, 1992).

Grupo minero de la Canal del Vidrio

Las explotaciones de esta zona son posiblemente las más antiguas conocidas en el contexto de Áliva. El nombre de Canal del Vidrio o mina del Vidrio (Saint-Saud, 1922) deriva de la galena espática (alcohol de hoja o de alfareros) de aspecto vidrioso. La altitud y el difícil acceso fueron los principales inconvenientes para que se llevase a cabo una explotación duradera y de cierta envergadura. En la actualidad se conserva alguna galería y puede visitarse el polvorín en la base de la Canal y las antiguas casas donde habitaban los mineros (Figura 70) que han resistido el paso del tiempo sin acusar el impacto humano.



Figura 70: A: casas de mineros en la parte superior de la Canal. B: acceso a un polvorín en la subida a la Canal del Vidrio.

Como hecho anecdótico podemos señalar que en 1950 tuvo lugar en este entorno la gran voladura en la Canal del Vidrio conocida como “explosión de Kachinski” en honor al ingeniero

de minas que la proyectó. Para realizar esta voladura se hicieron numerosas galerías y pozos que se pueden observar aún en la actualidad (Jordá, 2009). Para facilitar el descenso del material volado, se construyó un teleférico que transportaba el mineral desde la parte superior de la Canal del Vidrio hasta las instalaciones de la mina de Las Mánforas. De esta obra sólo se conservan algunos vestigios, en estado ruinoso.

Grupo minero de Las Mánforas

Los vestigios exteriores de la mina de Las Mánforas corresponden principalmente a las obras realizadas en los años setenta. Destacan sobre todo dos estructuras de secciones semicirculares que se adentran en la montaña. Una de ellas estaba reservada a los talleres externos de la mina, la otra es la bocamina principal de la explotación minera. Las formas semicirculares tenían como objetivo proteger esta zona de las avalanchas procedentes del pico de Juan de la Cuadra que alcanza una altitud de 2245 m.s.n.m.

Además de las dos estructuras mencionadas, y a pesar de su estado de ruina exterior, se ha conservado un número considerable de edificios construidos para diversos fines, entre los que destacan las viviendas de los mineros, comedores, vestuarios, etc.; este conjunto constituye un elemento del patrimonio histórico-industrial único en los Picos de Europa.

La galería de arrastre, hoy en día sólo practicable por espeleólogos, da acceso a uno de los espacios subterráneos más singulares de los Picos de Europa. Constituye además una “verdadera escuela” de métodos mineros, en el que encontramos gigantescas cámaras autosostenidas, entibados de madera, cuadros metálicos y dos pozos de grandes dimensiones que comunican seis niveles. Además de esta mina principal, en el entorno se localizan diferentes labores subterráneas menores en la mina Providencia.

Grupo minero del Dujé

Situado por debajo del dique de estériles de la mina de Las Mánforas, este grupo consta de diez labores mineras diferenciadas (Zulema, Bat, Manolita, Berto, Piemorena, Poquito, Rosario, Resalado, Ambasaguas e Inés), algunas de las cuales están tan cercanas que son difíciles de diferenciar (Figura 71). La mayor parte de las labores no cuentan con apenas recorrido a excepción de la mina Almanzora en las labores Zulema, con varios niveles y algunos centenares de metros de longitud.

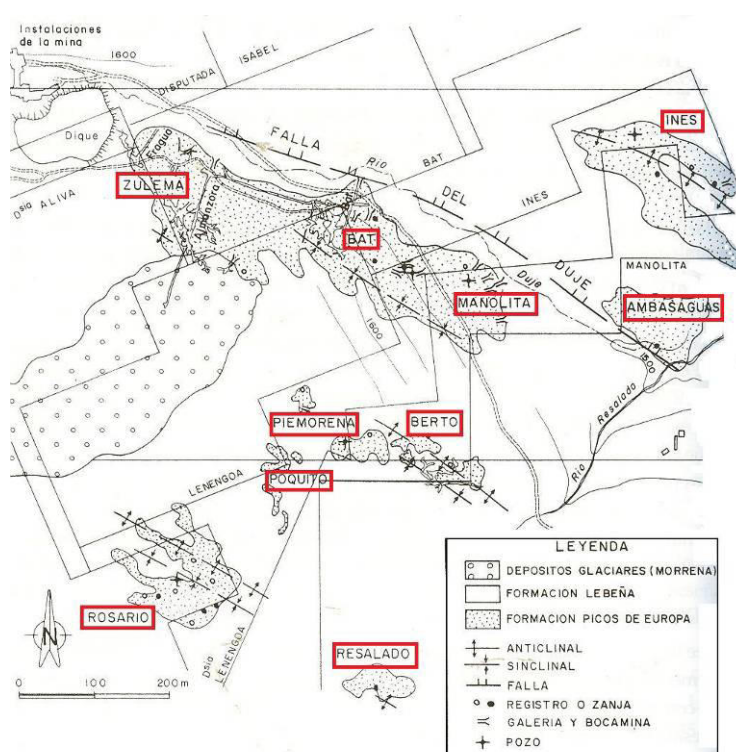


Figura 71: Labores del Grupo Minero del Dujé (modificado de Ansart, 1975; Gutiérrez y Luque, 2000).

Labores Zulema

Constituidas por antiguas galerías inmediatamente por debajo del dique de estériles de la mina de Las Mánforas. Dentro de estas labores destaca la mina Almanzora, la cual constituye uno de los recorridos de interior más interesantes del Macizo Central por su buen estado de conservación. Existen tres niveles de explotación, siendo el inferior, una galería de arrastre en

estéril. Al inicio de la galería se desarrollan diversos trabajos mineros: pozo interior, realces, pequeñas cámaras, una de las cuales está constituida enteramente por esfalerita cristalina (Figura 72).

Cabe destacar la existencia de varios hundimientos de galerías que en superficie ofrecen el aspecto de grandes “dolinas”. Algunas de ellas fueron valladas, pero en la actualidad y, debido al ensanchamiento de los socavones por la inestabilidad de los taludes, estas medidas de protección física han desaparecido.



Figura 72: Pilar en esfalerita cristalina dentro de la mina Almanzora.

Labores Bat y Manolita

Situadas al este de Zulema, se localiza un conjunto de labores tanto superficiales como subterráneas. Las galerías y pozos son visibles en superficie y se encuentran a escasa distancia del camino que accede a las instalaciones de la mina de Las Mánforas. La mineralización está compuesta principalmente por calamina y esfalerita, concentrándose en relación con las zonas dolomitizadas, filones de calcita o en la zona de contacto entre calizas y pizarras. El gran volumen de escombrera muestra la importancia que tuvieron estas dos labores mineras.

Labores Inés

Se trata de un afloramiento de la unidad Picos de Europa, rodeado por limolitas y pizarras de la Formación Lebeña, que se ubica en el camino que conduce a la mina de Marta Navarra. Las galerías alcanzan hasta cien metros de longitud, y en ellas se pueden observar las mineralizaciones. Debido a la poca profundidad de las galerías, en algunas de ellas se han producido hundimientos que son visibles en superficie. Las labores consisten en galerías que dan acceso a unas salas, donde el método de explotación ha sido el de pequeñas cámaras y pilares, con pozos de ventilación dispersos por el área.

En las escombreras y afloramientos cercanos a la Mina Inés pueden observarse hermosos ejemplares de esfalerita, calaminas, algo de galena y abundantes restos fósiles de crinoideos (artejos).

Labores Rosario y Berto

Como en el caso anterior, se trata de afloramientos de calizas de la Formación Picos de Europa, donde se ha desarrollado un laboreo a base de galerías y pozos, así como calicatas superficiales de pequeñas dimensiones (Figura 73). En la mina Berto se localiza una galería de algo más de setenta metros que atraviesa una zona mineralizada y que en su avance intercepta una dolina colmatada (Figura 55).

Existen evidencias de labores de investigación minera (calicatas, trincheras y pozos) realizadas en épocas más recientes, seguramente debido a la presencia de zonas mineralizadas de buena calidad. En 1974 se realizaron cuatro sondeos; uno de ellos cortó una mineralización de esfalerita (10% de Zn sobre unos dos metros de testigo) que aparecía en el contacto entre una serie de dolomías porosas, de color rosado, y unas calizas fosilíferas de color gris oscuro, situadas por debajo (Ansart, 1979; Gutiérrez y Luque, 2000).



Figura 73: Panorámica de las labores Bertó (A) y Rosario (B).

Labores Ambasaguas, Piemorena, Poquito y Resalado

Se trata de pequeñas labores mineras, prácticamente constituidas por calicatas de exploración y algunas galerías de escasa entidad, situadas en la Formación Picos de Europa. Las calizas aparecen a modo de islotes, rodeadas por la Formación Lebeña. Cabe destacar, en la zona del arroyo Resalado, la campaña que tuvo lugar en el año 1974 con dos sondeos de exploración, uno de los cuales cortó tres zonas metalizadas entre los 15 y los 55 metros de profundidad. El mineral, esfalerita, es idéntico al de la mina de Las Mánforas (Gutiérrez y Luque, 2000).

Grupo minero Horcadina de Covarrobres

Situado entre la parte superior del cable actual y el collado de la Horcadina de Covarrobres, en la zona conocida como Sal del Pozo Cimero, se localizan una serie de labores mineras, principalmente galerías y zanjas de pequeñas dimensiones. Las labores de mayor entidad se encuentran en el descenso hacia Áliva y en la zona del collado, en las que las explotaciones consisten en una serie de cámaras en la Formación Picos de Europa.

Por los restos que se encuentran a pie de mina (Figura 74) y los filones aún sin beneficiar, el material que principalmente se extraía de esta zona eran las calaminas.



Figura 74: Escombreras a pie de una bocamina del grupo de Horcadina de Covarrobres.

Mina de Marta Navarra

En la ladera del Paredón del Albo (Figura 75), se localizan unas pequeñas explotaciones constituidas por dos pozos que dan acceso a unas galerías de algunas decenas de metros. Como en los casos anteriores, la mineralización se localiza en zonas brechificadas en el contacto de la caliza con las dolomías, dentro de la Formación Picos de Europa.



Figura 75: Ubicación de las minas de Marta Navarra.

3.4.2. EL TRANSPORTE DEL MINERAL

Una de las mayores dificultades a las que se enfrentaban las compañías explotadoras era el transporte del mineral. Desde un principio, fue necesario diseñar y construir caminos que enlazasen las minas de Liordes y Áliva con Espinama y el resto del valle de Camaleño. Después de un recorrido próximo a los 60 km y tras atravesar el desfiladero de La Hermida por una carretera construida por la Sociedad La Providencia (Mazarrasa, 1930), el material era cargado en Estragüelas en gabarras que bajaban por el río Dujé hasta los puntos dispuestos para su almacenaje en ambas márgenes de la ría de Tinamayor (Unquera, Cantabria). La carga del mineral la hacían mujeres llegadas de los pueblos de los alrededores, en cestos sobre la cabeza que portaban caminando sobre improvisadas pasarelas (Laso, 1989).

Desde el puerto, algunas partidas eran embarcadas hacia el Reino Unido, Bélgica y Alemania. La RCAM construyó su primer buque, el “Arnao” en el año 1873, en los astilleros de Cunliffe y Dunlop, de Port Glasgow, (Gran Bretaña). Poco después, fue construido el “Reocín” (Figura 76), de mayor tamaño, que podía cargar hasta 400 toneladas. Ambos navegaban con pabellón belga al estar matriculados en Amberes pero con la contraseña triangular en rojo, azul y gualda de la RCAM, con estas letras pintadas en blanco (hasta 1909 que cambiaron a bandera española). El capitán y la tripulación eran españoles (Laso, 1989).

Durante finales del siglo XIX y principios del XX, el traslado a Espinama se realizaba en carros. A fines de los años 20, la Sociedad La Providencia, comenzó a utilizar camiones para bajar desde Espinama a Unquera (Laso, 1989). A partir de los años 70 se logró hacer accesible para camiones pequeños todo el recorrido desde las mina de Áliva hasta Espinama.



Figura 76: Buque Reocin de la RCAM. Fotografía publicada en junio de 1989, en El Oriente de Asturias, Llanes, número extraordinario de primavera.

El clima principalmente fue uno de los grandes inconvenientes ya que durante los meses de invierno una gran capa de nieve y hielo cubre todo el Macizo Central. Numerosas son las anécdotas que se tienen de las inclemencias del tiempo y el peligro de los caminos, algunas de las cuales dieron lugar a grandes sustos para la gente que transportaba el mineral. El Conde de Saint-Saud dejó constancia de ello al comentar en su viaje de 1891 que *“Juan Suárez, nuestro guía, se detiene complacido en mil historias macabras de las que esta “gran carretera” ha sido el teatro, y cada agujero que se ha tragado a un desgraciado vale una nueva historia más feroz que la anterior. Estamos en un collado, el collado de Liordes”* (Saint- Saud, 1922).

Incluso en la época más reciente, las inclemencias invernales fueron uno de los principales inconvenientes de la explotación de las minas (Figura 77). Prueba de ello fue la gran nevada de noviembre de 1972 que incomunicó la mina hasta tal punto que en el mes de abril de 1973 tuvieron que excavarse túneles que perduraron hasta julio, momento en el que fueron dinamitados (Gutiérrez y Luque, 2000).



Figura 77: Los casetones de la mina de Las Mánforas, cubiertos completamente de nieve durante el invierno en el último período de explotación de la RCAM. Fotografía cortesía de Asturiana de Zinc, S.A.

La gran dificultad que supuso el transporte del mineral y del personal llevó a los mineros de la época a tallar en la roca los caminos de acceso hacia las partes más altas de las montañas (Figura 78).



Figura 78: Caminos excavados en la roca en la subida a Altaiz (izquierda) y a la Canal del Vidrio (derecha).

Para solventar la problemática de los caminos de altura, las compañías empiezan a instalar cables dentro de los grupos mineros para el transporte interno. En las minas de Altaiz dentro del sector minero de Lloroza, se construyó un cable desde casi la cumbre de la Torre de Altaiz hasta

el collado de Fuente Escondida y en el grupo minero de Áliva, de la parte superior de la Canal del Vidrio, hasta cerca de la balsa de finos de Las Mánforas (Figura 79).



Figura 79: Restos de los cables para descender el mineral en la Canal del Vidrio (izquierda) y Torre de Altaiz (derecha).

Para sacar el mineral de las zonas mineras en la parte alta, en 1898, RCAM instala un cable para bajar el material desde Lloroza hasta Fuente Dé (www.espinama.es). De igual manera, las minas de Fuente Dé también contaban con un cable, el cual puede apreciarse aún hoy en día. La mayor parte de las veces, el mineral era conducido por caminos carreteros desde las diversas minas (Áliva, Lloroza, Liordes y Fuente Dé) hasta Espinama. Desde la zona de Áliva descendía el principal camino, pasando por los Puertos de Áliva por el camino de Igüedri descendiendo a Espinama. En la zona de Liordes las labores de transporte fueron mucho más dificultosas; prueba de ello son los famosos Tornos de Liordes, con sus 38 giros que salvan un desnivel de 900 metros, desde Fuente Dé a Liordes.

En 1951 la RCAM para facilitar la explotación de las minas de Fuente Dé, solicitó hacer algunas reparaciones en el camino a Fuente Dé y su prolongación hasta el lugar de las labores en la Braña El Hortigal. En 1949 la junta vecinal de Espinama autoriza la reparación y ampliación del camino que hay desde Espinama a Las Portillas de Áliva, para hacerlo transitable para vehículos de tracción mecánica, aunque fue a partir de los años 70 cuando se

logró hacer accesible este camino para que camiones pequeños pudieran realizar todo el trayecto desde Espinama a las minas de Áliva (Figura 80) (www.espinama.es).



Figura 80: Camiones pequeños, en la última etapa de la RCAM. A la derecha de la imagen, “Lalo, el Chófer”; junto al camión, con bastón, Luis de María Beares; sobre el camión, de izquierda a derecha: Mino (“Minosallo”), “Fouso”, “Gandoy” y “Cristi” Caldevilla. Fotografía: cortesía de Asturiana de Zinc, S.A.

3.4.3. VESTIGIOS MINEROS Y TURISMO DE NATURALEZA

Tras 134 años de trabajos mineros en el Macizo Central, en el año 1989 se dio por finalizada la actividad minera extractiva. Una actividad que dejó su impronta por toda la zona de estudio, en forma de huecos superficiales o subterráneos, escombreras, edificaciones y caminos. Estos últimos son, quizás, el mayor nexo que podemos encontrar con el resto de actividades que se desarrollan en el área, tanto la ganadería como, principalmente, el turismo.

Como ya se ha indicado al principio de esta memoria, el de 22 de julio de 1918 se creó el Parque Nacional de la Montaña de Covadonga (posteriormente Parque Nacional de los Picos de Europa, en 1995). El número de visitantes llegó a alcanzar un record en el año 2004, superándose la cifra de los 2.200.000 (Suárez, 2014). La zona de estudio es actualmente, la que tiene mayor afluencia de turistas del Parque, rondando en el año 2013 los 600.000 visitantes (Santori, 2013, Tabla 6).

MES	LAGOS	VALDEÓN	FUENTE DE	CABRALES	TOTAL
<i>Ene./13</i>	16.565	1.435	26.337	4.014	48.351
<i>Feb./13</i>	10.415	2.176	9.915	2.287	24.792
<i>Mar./13</i>	33.565	15.248	44.755	10.944	104.512
<i>Abr./13</i>	31.191	19.765	31.866	6.278	89.099
<i>May./13</i>	43.125	8.886	22.860	15.798	90.669
<i>Jun./13</i>	56.182	10.586	39.977	19.326	126.071
<i>Jul./13</i>	91.057	17.002	87.444	54.669	250.171
<i>Ago./13</i>	122.728	27.746	148.545	70.424	369.442
<i>Sep./13</i>	77.731	13.849	58.315	30.868	180.763
<i>Oct. /13</i>	47.720	7.974	53.572	15.370	124.637
<i>Nov./13</i>	26.077	4.285	38.011	4.044	72.417
<i>Dic./13</i>	20.974	3.563	35.159	3.901	63.596
TOTAL	577.331	132.514	596.755	237.922	1.544.521

Tabla 6: Número de visitantes del Parque Nacional de Picos de Europa en el año 2013 (Santori, 2013).

Cabe recalcar nuevamente, que entre los objetivos expuestos en la declaración de este Parque Nacional, está el de contribuir a la protección, recuperación, fomento y difusión de los valores culturales y antropológicos que conforman la historia de este espacio natural protegido (Artículo 1-2). No cabe duda, que en la zona de estudio, además de la ganadería, la principal actividad que se ha llevado a cabo y la que ha conformado la red de caminos, en uso hasta la fecha de hoy, es la minería.

No son de extrañar, las inquietudes y preguntas que se despiertan en los visitantes al descubrir la cantidad de vestigios mineros existente en un Parque Nacional, siendo el simple hecho de que existan caminos rodados en una zona protegida una de las primeras incógnitas que se les plantean. La actividad minera ha estado ligada a esta zona de Picos de Europa desde mediados del siglo XIX, siendo uno de los principales motores económicos para los habitantes y hoy en día mediante la puesta en valor de su rico patrimonio geológico y minero podría seguir contribuyendo al desarrollo socio-económico, complementando la escasa oferta cultural y geológica dentro de esta maravilla natural.


4. METODOLOGÍA

En 1790 se realizó en París el primer inventario de máquinas, planos y documentos de valor histórico. Un año más tarde se llevó a cabo el Inventario Parisino (1791) (Armesto y Orche, 2002; Puche *et al.*, 2004). A pesar de que desde entonces se fueron creando museos con temática industrial e incluso parques mineros, fue el Patrimonio Geológico el que, como se viene reflejando desde el inicio de esta investigación contó en primer lugar, con una metodología de inventarios y valoración.

En la primera mitad de la década de 1970 (Aguirre *et al.*, 1974), la antigua Diputación provincial de Madrid promovió un primer inventario sobre los enclaves de interés geológico y paleontológico de la provincia, de cara a su protección. Rápidamente, el Instituto Geológico y Minero de España tomó el relevo (Durán, 2004), desarrollando iniciativas de inventario de puntos de interés geológico en diversas regiones del territorio español (Duque *et al.*, 1978; 1983; Palacio *et al.*, 1988), y, sobre todo, poniendo a punto una metodología (Elizaga *et al.*, 1980) para la realización del Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico (PIGs).

Las sociedades científicas han elaborado un gran número de trabajos metodológicos y de inventario. La primera sociedad (1978) en centrar sus actividades en el patrimonio geológico en España fue la Sociedad de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio (SEGAOT). Fue la impulsora inicial de este tipo de trabajos (Durán, 2004). Posteriormente, se crearon las ya mencionadas Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España y la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero.

Como se ha indicado en el apartado 1.4.2, son ya numerosos los trabajos realizados de inventario y valoración de patrimonio minero. En la parte de inventario, existen metodologías de ámbito internacional, como las que se contemplan dentro del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), en la que se incluyen conjuntos histórico-mineros; o nacionales como la realizada para el inventario de las minas de Sierra Morena (Figura 81).



ICOMOS
CIC INTERNATIONAL COMMITTEE ON CULTURAL ROUTES
CIC COMITÉ INTERNACIONAL DE ITINERARIOS CULTURALES
CIC COMITÉ INTERNACIONAL DES ITINÉRAIRES CULTURELS

**FICHA DE INVENTARIO
de
CONJUNTOS HISTÓRICO-MINEROS**

DENOMINACIÓN: Riotinto **PAÍS:** España

UBICACIÓN

LOCALIZACIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA:
(Municipio, Comarca, Provincia, Comunidad o Región, Estado, etc.)

Término municipal de Riotinto, Provincia de Huelva, Comunidad Autónoma de Andalucía

EMPLAZAMIENTO GEOGRÁFICO: Coordenadas geográficas, UTM, Altitud (sobre el nivel del mar)

Conjunto de yacimientos situados en las estribaciones de los cerros Salomón y San Dionisio. Se encuentra en la divorsia de los ríos Odiel y Tinto, los dos mayores de la provincia de Huelva. El río Tinto, llamado el Urum por los romanos y Saquia por los árabes, cuyo nombre en castellano se debe al color que a sus aguas dan los sulfatos de hierro procedentes de las piritas se ha considerado siempre como nacido en la Cueva del Lago, situada al pie suroeste del llamado cerro Salomón.

En el flanco norte del cerro Salomón se encuentran las explotaciones denominadas Salomón, Lago y Dehesa (en 1960 sólo la primera se encontraba en explotación); en el extremo oriental se encuentra la Masa Planes, abandonada en 1960, y a lo largo del flanco Sur del cerro Salomón corre la Masa Filón Sur; rodeando al flanco Sur del cerro San Dionisio está la Masa del mismo nombre.


El Filón Norte es también conocido como Masa Salomón y el Filón Sur por criadero o Masa Nerva.

PLANO DE UBICACIÓN, DESCRIPCIÓN DE ACCESOS Y RELACIÓN CON LA RED DE CAMINOS (a escala nacional, regional y local)




Ubicación en España

ICOMOS España. ETS Ing. Minas. C/ Ríos Rosas, 21. Madrid 28003 (España). Tel 91 336 51 61 Fax (0034) 91 399 26 18 y (0034) 91 708 00 43 E-mail: secretaria@escomos.org



**FICHA DE INVENTARIO DEL
PATRIMONIO MINERO Y FERROVIARIO
DE SIERRA MORENA**

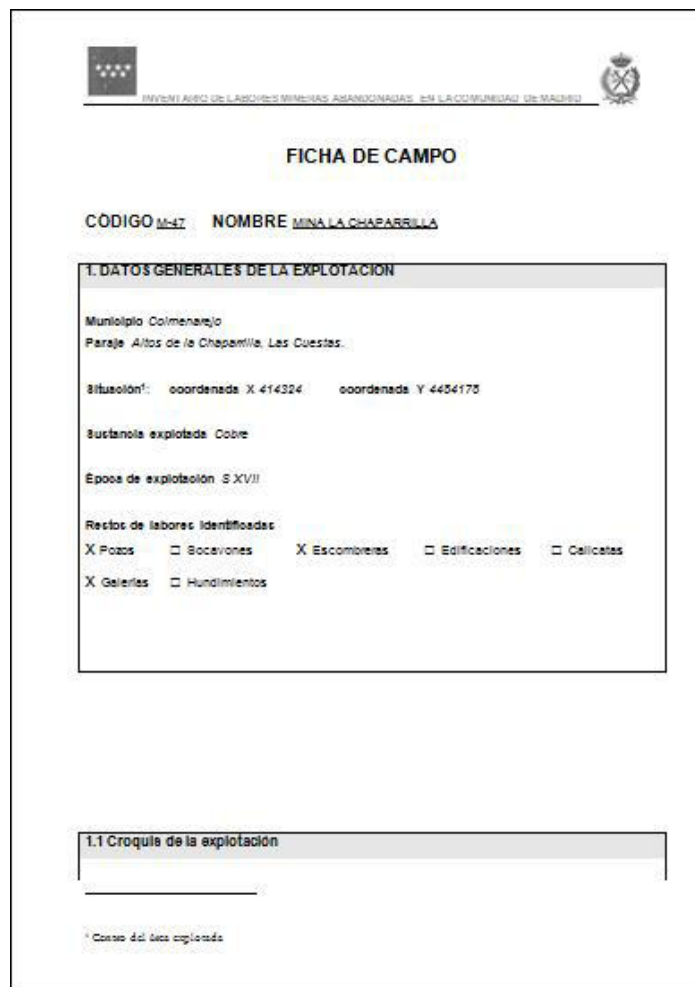
1. IDENTIFICACIÓN	
CÓDIGO	Cada elemento se nombra con un código. Entre otras ventajas, facilita la identificación del material gráfico.
DENOMINACIÓN	
PAÍS/ES	
COMUNIDAD AUTÓNOMA	
PROVINCIA/S	
MUNICIPIO/S	
COMARCA/S	
TIPOLOGÍA	En este proyecto, este campo se ha destinado a diferenciar los dos grandes grupos de elementos: conjunto minero o ferrocarril
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	En el caso de tratarse de un ferrocarril, este campo quedará sin anotación
MINERAL/ES	En el caso de tratarse de un ferrocarril, este campo quedará sin anotación
LÍNEA/S DE FERROCARRIL	
ANCHO DE VÍA DEL FERROCARRIL	
LONGITUD DEL FERROCARRIL	
PERIODO HISTÓRICO	Edad Contemporánea
CRONOLOGÍA INICIAL	
CRONOLOGÍA FINAL	
NACIONALIDAD DE LA EMPRESA	Inglesa/escocesa/francesa/belga/alemana/...
PALABRAS CLAVES	Completar con un máximo de 10 palabras claves
2. DESCRIPCIÓN Y DATOS HISTÓRICOS	
RESUMEN	
DESCRIPCIÓN	



Minas de Sierra Morena. Los Colores de la Tierra
www.minasdesierramorena.es
info@minasdesierramorena.es

Figura 81: Fichas de inventario. A la izquierda perteneciente al ICOMOS y a la derecha de las Minas de Sierra Morena

Podemos destacar los trabajos realizados en Madrid por Mazadiego y Puche (1998) sobre la catalogación del Patrimonio Minero-Metalúrgico o el realizado por el departamento de proyectos de la antigua Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes (ETSI Montes, 2006) en el que se elaboró una ficha metodológica para el inventario exterior de las labores mineras de la Comunidad de Madrid (Figura 82). Este modelo de ficha ha servido de base para la empleada en esta Tesis Doctoral, si bien en la elaborada en el 2006, no se tenía en cuenta la individualidad de cada elemento minero presente, sino que se incluía toda la labor minera.



FICHA DE CAMPO

CÓDIGO M-47 **NOMBRE** MINA LA CHAPARRILLA

1. DATOS GENERALES DE LA EXPLOTACIÓN

Municipio Colmenarejo
 Paraje Alto de la Chaparrilla, Las Cuestas

Situación: coordenada X 414324 coordenada Y 445475

Sustancia explotada: Cobre

Época de explotación: S XVIII

Restos de labores identificados:

X Pozos ☐ Bocanones X Escombreras ☐ Edificaciones ☐ Celicatas

X Galerías ☐ Hundimientos

1.1 Croquis de la explotación

* Centro del área explotada

Figura 82: Modelo de ficha empleada en el inventario de las labores mineras de la Comunidad de Madrid (ETSI Montes, 2006).

El inventario de labores mineras se ha llevado a cabo mediante una investigación exploratoria que permitió seleccionar las zonas de mayor interés, bien por su escasa peligrosidad o por el elevado potencial turístico, mediante el uso de una plantilla o ficha elaborada para el caso que nos ocupa, de estudio de labores mineras abandonadas, tal y como se explica en el punto 4.1 de la presente metodología. Las técnicas empleadas para el inventario de las labores mineras de interior están desarrolladas en el punto 4.2 y van desde la espeleología de huecos mineros, la topografía subterránea hasta la realización de estaciones geomecánicas. Estas técnicas son imprescindibles no sólo para el inventario, sino de cara a la puesta en valor de una cavidad (en este caso antrópica) para su visita turística o incluso, para la posible incidencia en superficie,

mediante la generación de colapsos en caso de que se encuentren a poca profundidad los huecos mineros y/o que el macizo rocoso esté muy fracturado o sea de poca capacidad portante.

De cara a la puesta en valor de los elementos mineros y de los aspectos geológicos ligados a ellos, es necesario una síntesis y comprensión tanto de las características geológicas generales y particulares del área, como de la historia de la minería y su afección en la zona. Esto se ha detallado en los capítulos 1 y 2. El desarrollo de los trabajos de campo, con las fases de exploración inicial, inventario de superficie y exploraciones y estudios subterráneos (capítulos 6 y 7), permitirán establecer una zonificación del área de estudio en base a criterios de seguridad, interés patrimonial y potencialidad de uso (capítulo 9), que servirá posteriormente para el desarrollo de las propuestas de puesta en valor.

Para el trabajo de campo y gabinete se ha utilizado como base cartográfica el Sistema de Información de Parcelas Agrícolas (Sigpac) elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (este sistema empezó a emplearse en el año 2005, sustituyendo al catastro), así como el visualizador de información geográfica del Gobierno de Cantabria, con ortofotos actualizadas en el año 2014 del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) realizado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Para los trabajos subterráneos, la página web del programa visual topo para la ejecución de topografías subterráneas.

4.1. INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS

Con carácter previo a cualquier tipo de intervención en un área minera, es necesario conocer de la manera más precisa las posibles labores existentes y el estado de conservación en el que se encuentran. En una zona donde los vestigios mineros suponen paralelamente un potencial atractivo turístico y un posible riesgo para la seguridad de los visitantes, es imprescindible la correcta identificación de los elementos mineros, así como del patrimonio tanto minero como geológico ligado a ellos.

La zona estudiada se ha dividido, como se ha explicado anteriormente, en sectores y grupos mineros (Figura 83), atendiendo fundamentalmente a criterios geográficos o de acceso:

-Sector Minero de Liordes: situado en la zona de la Vega de Liordes, al suroeste del área de estudio.

-Sector Minero de Fuente Dé: por encima del Parador Nacional, se trata de “la gran pared del Circo de Fuente Dé”, en la parte sur de la zona.

-Sector Minero de Lloroza: abarca la parte central y oeste de la zona de estudio, conocida como Hoyos de Lloroza, Hoyo sin Tierra, Altaiz y Canal de San Luis. Se divide en los grupos mineros de Las Gramas, Altaiz y Mina San Luis.

-Sector Minero de Áliva: en el centro y este del área de estudio, en las zonas de Áliva, Peña Vieja, Salgarde y Horcadina de Covarrobres. Se divide en los grupos mineros de La Canal del Vidrio, Las Mánforas, Duje (subdividido en las labores Zulema, Bat, Manolita, Berto, Piemorena, Poquito, Rosario, Resalado, Ambasaguas e Inés), Horcadina de Covarrobres y Mina Marta Navarra.

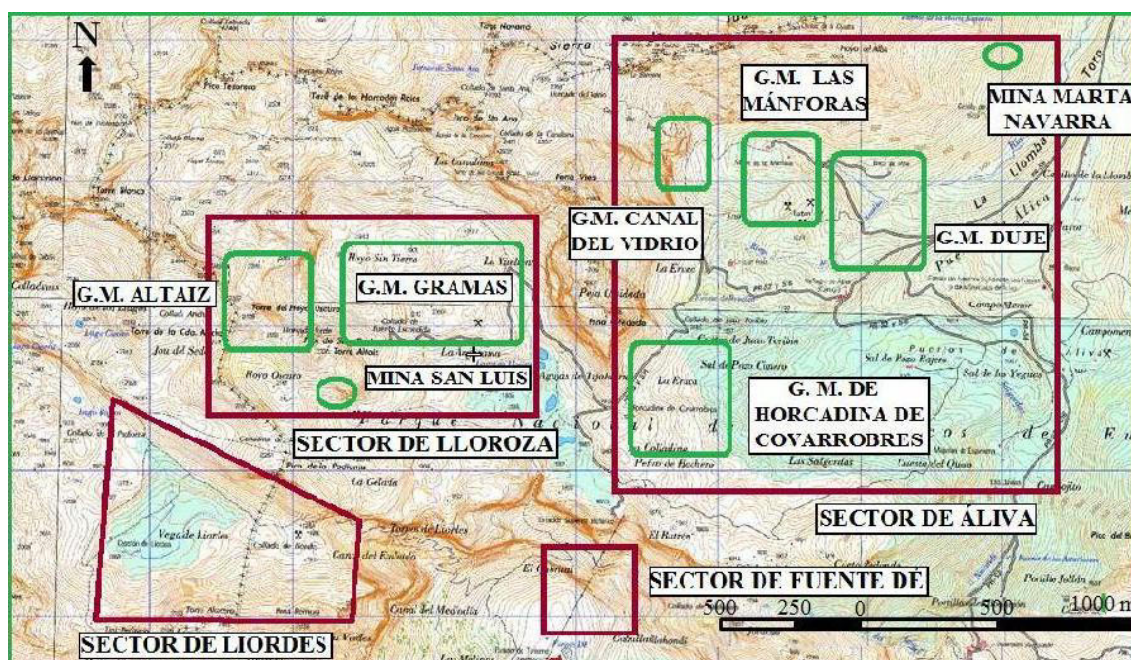


Figura 83: División del área de estudio en sectores y grupos mineros (base cartográfica de Sigpac).

Los principales elementos a inventariar fueron:

- Edificios: infraestructuras mineras como casetones, ruinas de elementos de tratamiento y transporte.
- Escombreras: tanto de ganga, como acopios de mineral o los vertidos de las plantas de tratamiento.
- Galerías: de aprovechamiento mineral y de transporte.
- Pozos de acceso y ventilación.
- Socavones por hundimiento o movimiento de tierra.
- Zanjas: aprovechamientos superficiales.
- Afloramientos geológicos destacables.

De igual manera se ha tenido en cuenta las intervenciones ya realizadas por parte del Parque Nacional y se ha valorado su funcionalidad en el momento actual (Figura 84).



Figura 84: Ejemplos de elementos a inventariar: galería minera en Altaiz (izquierda) y pozo con vallado perimetral en el Duje (derecha).

Las primeras campañas de campo fueron enfocadas a una identificación preliminar de los elementos de los diferentes grupos mineros, así como evaluar tanto su peligrosidad como su potencial turístico, no sólo desde el punto de vista del valor intrínseco de los elementos sino por su accesibilidad al público en general. Esto es debido, a que desde un principio ya se vislumbraba como hipótesis de trabajo el enorme potencial turístico de la zona, además de que desde el punto de vista geográfico e histórico no se puede explicar el entorno sin entender la minería.

Así pues, las zonas más alejadas de los caminos principales y aquellas con un riesgo muy elevado, fueron tan sólo identificadas y valoradas, no incorporándolas en el inventario de detalle.

Una vez seleccionadas las zonas en las que se iba a realizar el estudio de detalle, y, para proceder a realizar el inventario, se confeccionó una ficha de campo (Figura 85) que ha permitido situar geográficamente y registrar todas las características del elemento seleccionado, así como establecer la valoración del mismo *in situ*.

INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALVA SUBZONA BERTO

ELEMENTO <u>PH</u>	
Pozo <input checked="" type="checkbox"/> Socavón <input type="checkbox"/> Zanja <input type="checkbox"/> Galería <input type="checkbox"/> Escombrera <input type="checkbox"/> Edificio <input type="checkbox"/> Afloramiento <input checked="" type="checkbox"/>	
Situación: coordenada X <u>354834</u> coordenada Y <u>4781755</u> UTM	
Fotografía <u>15</u>	Dimensiones <u>4 x 4,5 (Ø)</u>
Agua SI/NO <input checked="" type="checkbox"/> NO Protección <input checked="" type="checkbox"/> NO Colonización vegetal SI/NO	
Valoración de riesgos <input type="checkbox"/> MUY ALTO <input type="checkbox"/> ALTO <input checked="" type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> BAJO	
Estado de conservación <input checked="" type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> RECUPERABLE <input type="checkbox"/> RUINOSO <input type="checkbox"/> IRRECUPERABLE	
Interés patrimonial <u>ALTO, POSIBLE PUNTO DE INTERÉS. DOLINA RELLENA CON FORMACIONES CÁRSTICAS, DESCAZADA POR UNA GALERÍA DE MINA.</u>	Croquis
Observaciones <u>EL VALUADO DE SEGURIDAD APOYA EN PARTE EN EL RELLENO DE LA DOLINA, PODRÍA HONDRIRSE; NECESARIO AUMENTO DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN.</u>	
*: espeleotemas, elementos mineralógicos, paleontológicos, estructurales, <u>mineros</u> .	

Figura 85: Modelo de ficha utilizada para realizar el inventario.

La ficha se ha confeccionado para identificar las características de cada elemento; estas fueron agrupadas en tres categorías: identificación, seguridad y patrimonio:

-Identificación (Figura 86): se indica la zona, la nomenclatura dentro de esa zona, qué tipo de elemento minero es, así como sus coordenadas, la foto dentro del inventario y las dimensiones.

INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA FUENTE DE	SUBZONA VERTICAL A LA BIFURCACIÓN A LOZDEJ
ELEMENTO E1	
Afloramiento <input type="checkbox"/> Galería <input checked="" type="checkbox"/> Pozo <input type="checkbox"/> Socavón <input type="checkbox"/> Zanja <input type="checkbox"/> Escombrera <input type="checkbox"/> Edificio <input type="checkbox"/>	
Situación: coordenada X 352230 coordenada Y 4779153	
Fotografía 340.644.242 Dimensiones VER CROQUIS	
Agua SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Protección SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Colonización vegetal SI / NO	
Valoración de riesgos <input type="checkbox"/> MUY ALTO <input type="checkbox"/> ALTO <input type="checkbox"/> MEDIO <input checked="" type="checkbox"/> BAJO	
Estado de conservación <input checked="" type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> RECUPERABLE <input type="checkbox"/> RUINOSO <input type="checkbox"/> IRRECUPERABLE	
<p>Interés patrimonial MEDIO. GALERÍA DE EXPOSICIÓN CON POSIBILIDAD DE ACCESO. NAS DE LOS DE CUELO DE LA PIEDRA DE BOMAS MINERALIZADAS. TIESTOS DE LAS TUBERÍAS DE LOS RAÍLES.</p> <p>Observaciones SITUADA FUERA DE LOS CANALONES GRAN ESCALONADA DE LA GALERÍA INCLUIDO EN ZONAS DE FALDA.</p> <p>': espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, <u>estructurales</u>, <u>mineros</u>, edad</p>	<p style="text-align: center;">Croquis</p>

Figura 86: Ficha de campo del inventario: elementos identificativos.

-Seguridad (Figura 87): se describe la presencia o no de agua, la existencia de medidas de protección, se valora el riesgo existente y se anotan observaciones adicionales de diversa índole. La valoración del riesgo entre bajo y muy alto, depende tanto de si existe o no protección, como del riesgo y tipo potencial de accidente. Por ejemplo, el límite que se establece en una zanja, socavón o pozo, es la altura de caída posible, siendo en el caso del límite entre riesgo medio y alto establecido en esta investigación de 1,5 metros.

INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA LLOREZA SUBZONA GRANAS (JUELTONA)

ELEMENTO G1

Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Galería ☒ Escombrera ☐ Edificio ☐ Afloramiento ☐

Situación: coordenada X 352321 coordenada Y 4721242

Fotografía 174,472,473 Dimensiones ver croquis

Agua ☒ SI / NO ☐ NO Protección SI ☒ NO ☐ NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☒ ALTO ☐ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ ALTO; ACCESIBILIDAD INTERIOR
 CON PRESENCIA DE BALSAS AL INICIO.
 PUEDE MINERALIZADO. TRAZOS DE LAS
 TUBERÍAS DE LOS BAÑOS, DATOS DE
 ESPALMATA EN LA ESCOMBRETA

Observaciones RIESGO ALTO EN EL ACCESO, CON
UNA ZONA INUNDADA. PARECEN CON
UNA ESTABILIDAD

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos,
 paleontológicos, estructurales, mineros.

Croquis

Figura 87: Ficha de campo del inventario: elementos de seguridad.

En un entorno de montaña como el que nos ocupa, se debe hacer una diferencia entre el peligro y el riesgo, ya que el primero, es algo inherente a una zona, mientras que riesgo implica una afección al hombre o a las infraestructuras. Por este motivo a la hora de intervenir se valora el riesgo, no el peligro. Una zona con mucho peligro, pero en la que los visitantes rara vez pasan por allí, es de bajo riesgo, mientras que un peligro medio, cuando pasa mucha gente se traduce en un riesgo alto.

-Patrimonio (Figura 88): se indica el estado de conservación y el interés patrimonial.

INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA SUBZONA CANAL DEL VIDRIO

ELEMENTO ED3

Afloramiento ☐ Galería ☐ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☒

Situación: coordenada X 353694 coordenada Y 4182170

Fotografía 6 Dimensiones VER CROQUIS

Agua SI/NO Protección SI/NO Colonización vegetal SI/NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☐ MEDIO ☒ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ ALTO, POLVORIN/REFUGIO

APROVECHANDO UNA CAVIDAD NATURAL MUROS

DE PIEDRA Y PORTICO EN BUEN ESTADO.

Observaciones SITUADO EN LA BASE DE

PIEDRA VIERZA.

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis

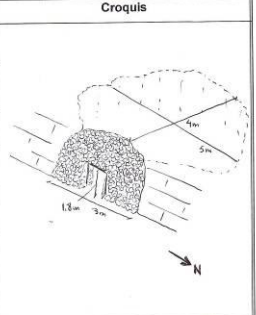


Figura 88: Ficha de campo del inventario: elementos patrimoniales.

Por último, existe un sector de la ficha que permite realizar un esquema o croquis, bien del elemento y/o elementos o de su situación.

4.2. TRABAJOS SUBTERRÁNEOS

4.2.1. ESPELEOLOGÍA DE LABORES MINERAS

Uno de los principales atractivos con los que cuentan las minas del Macizo Central de los Picos de Europa son los recorridos subterráneos. De manera general, las labores son de escasa entidad, a excepción de la mina de Las Mánforas (que llegó a tener 6 niveles de explotación), pero un rasgo común a todas ellas es que gran parte de las explotaciones eran subterráneas. Como se

mencionará a lo largo de esta memoria, existen decenas de galerías y pozos de origen minero, en los cuales se aprecian tanto aspectos geológicos, ligados a la estructura y composición de las mineralizaciones, como numerosos restos de la propia actividad minera.

Para llevar a cabo el inventario y valoración de las labores ha sido necesario realizar algunos trabajos con técnicas espeleológicas. Cabe diferenciar la espeleología convencional de las técnicas espeleológicas de labores mineras abandonadas. No es lo mismo investigar una cueva kárstica que una mina antigua, dado que las condiciones que nos encontramos en ambos espacios subterráneos son distintas. En cuanto a cómo se debe llevar a cabo la exploración subterránea de minas abandonadas, existe escasa experiencia previa, y este tema se aborda tangencialmente en un número muy reducido de publicaciones (Rodríguez, 2015).

Aunque no se trate de trabajos de la misma clase, la referencia en España para el estudio de minas abandonadas ha sido entre los años noventa del siglo XX y principios del XXI la revista “Bocamina” y su equipo de redactores y colaboradores, dirigidos por Gonzalo García García (Jordá-Bordehore, 2008). Por otro lado, en las minas romanas de Lapis Specularis de Cuenca, el equipo que dirige Juan Carlos Guisado Di Monti, emplea una metodología equivalente (Rodríguez, 2015).

En este trabajo, las minas investigadas han sido:

TRABAJOS VERTICALES	ESPELEOLOGÍA HORIZONTAL
Mina de las Gramas (sector de Lloroza)	Mina San José (Sector de Liordes)
Mina de Las Mánforas (sector de Áliva)	Sector minero de Fuente Dé
Mina Almanzora (sector de Áliva)	Sector minero Lloroza (Vueltona, Minas de Altaiz y San Luis)
Mina de Marta Navarra (sector de Áliva)	Resto de minas del sector minero de Áliva

Tabla 7: Zonas investigadas con trabajos verticales y de espeleología horizontal

Técnicas de trabajos verticales

Las nuevas técnicas de la espeleología vertical, especialmente el avance de la seguridad (facilidad de instalación y ligereza) de los equipos personales y sistemas de anclaje, han hecho

aplicables estas técnicas a numerosas actividades de índole científico-industrial. Estas técnicas están especialmente indicadas en la exploración subterránea de labores mineras. La mayor aportación consiste en la posibilidad del descenso con seguridad de pozos mineros abandonados, coladeros, chimeneas y filones verticales.

En general se distinguen tres niveles de exploración espeleológica, siendo los dos primeros de ámbito “amateur” o deportivo y el último profesional-industrial. La primera etapa consiste en vislumbrar si la cavidad subterránea (mina, cueva, etc.) tiene o no continuidad e interés. Se realiza para ello una campaña de exploración ligera, minimizando el material a dejar instalado. El segundo nivel es el de la exploración, topografía somera y recogida de datos, para lo que se emplea un gran volumen de material. El último nivel consiste en la preparación de trabajos para terceros, o la movilización de grandes equipos con tiempos prolongados de trabajo en pared: son lo que se denominan “trabajos verticales” en el ámbito empresarial.

El equipo básico para trabajos verticales en espeleología (Figura 89), consta principalmente de arneses (pélvico y de pecho), casco e iluminación frontal, bloqueador (ventral, de pie y de mano), cabos de anclaje y pedales y maillón central, bloqueador y descendedor.



Figura 89: Preparación del equipo durante las campañas de investigación espeleológica de Las Gramas y Altaiz durante el verano de 2010.

Los anclajes son los elementos mínimos necesarios para equipar, es decir, instalar una cuerda a un punto fijo fiable. La gran ventaja de la espeleología y de las técnicas de trabajo vertical radica en el ahorro de tiempo y dinero en la exploración de cavidades o grandes paredes, en contraposición con las aparatosas maniobras con andamios, grúas y cabrestantes.

El anclaje clásico en espeleología consta de una parte fija en la roca, el taco autoperforante, más la rosca, y de una parte externa que es la “chapa”, y que normalmente se pone al empezar la actividad y se retira al acabarla. En ocasiones se emplean anclajes naturales, como puentes de roca.

Para la instalación de los anclajes (Figura 90), se ha utilizado un burilador clásico Petzl para placa de métrica “8 mm” en los trabajos de la primera exploración, mientras que para las siguientes campañas se usó un taladro con percutor y batería Hilti TE 6-A. La métrica habitual de los anclajes de cabecera de pozos y fraccionamientos es de 10 y 12 mm y para pasamanos se emplea la de 8 mm.

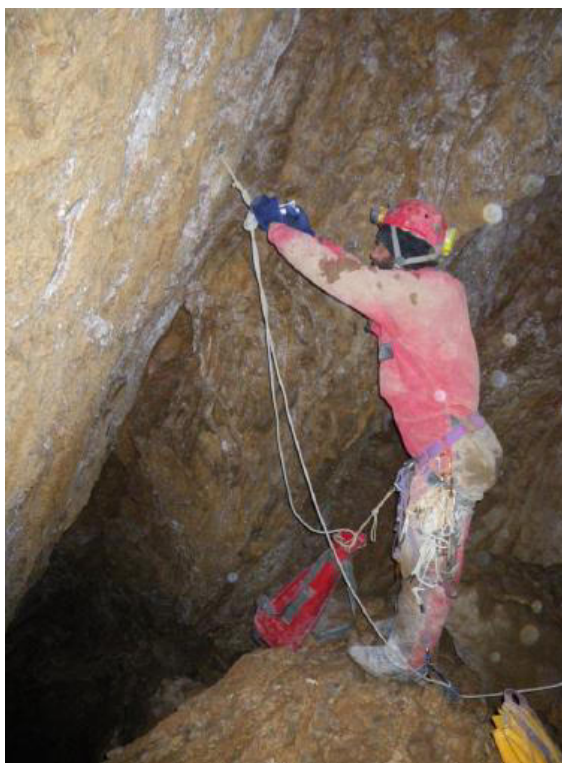


Figura 90: Instalando un anclaje durante la exploración de la parte alta de la mina de Las Gramas.

La metodología empleada para acceder a las zonas más complicadas ha sido la siguiente: en primer lugar se accedió al lugar “remoto” mediante técnicas de escalada o pequeños descensos con cuerda enganchada a puentes de roca, y se instalaron unos primeros seguros autoperforantes, colocados con martillo burilador. Una vez instalada la primera cuerda se pasó el material pesado y se instalaron seguros más fiables con taladro percutor de batería.

4.2.2. TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA

Para este tipo de trabajos desarrollados en galerías y anchurones de espacio limitado como son las labores mineras abandonadas que se han reconocido, no resulta operativo utilizar una estación total, más útil en espacios amplios o en superficie. Se ha realizado un levantamiento topográfico de tipo espeleológico (Figura 91), que consiste en la realización de un itinerario. Se han empleado las siguientes herramientas:

- Distanciómetro laser marca Stanley, con un rango de medición 0,1 – 30 m y precisión de 2mm.
- Clinómetro y brújula marca Shuunto, con resolución de la brújula de 0,5 grados y del inclinómetro de 1 grado.



Figura 91: Topografiando la mina Almanzora.

Procedimiento de medida

Se toman visuales directas desde el operador que porta la brújula/clinómetro y el distanciómetro hacia un segundo espeleólogo, estando ambos agachados y considerando una zona de referencia entre ambas personas que den una misma altura (Figura 92). Es frecuente en medidas espeleológicas errores de cierre del orden del 10%.

1. Se miden con láser las distancias a las paredes desde el centro de la galería o punto de estación.
2. Se mide con láser la altura del punto ó estación desde el suelo.
3. Se mide la distancia entre puntos ó estaciones, hacia adelante.
4. Se mide la inclinación entre puntos ó estaciones y el rumbo hacia adelante respecto al Norte Magnético.

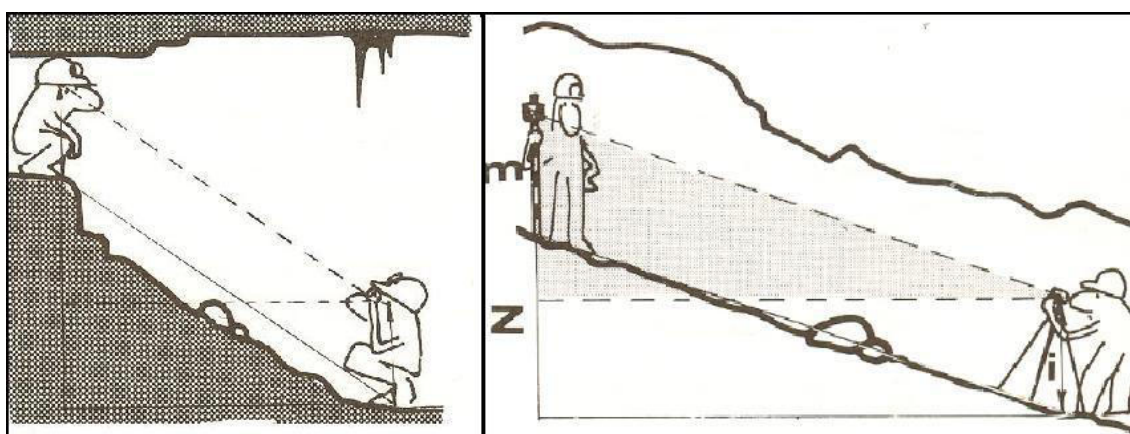


Figura 92: Esquema comparativo de la técnica de la topografía espeleológica y convencional. (Martínez y Rius, 1992).

En la Figura 92, se muestra a la izquierda, la metodología espeleológica con brújula-clinómetro y distanciómetro y puntos de estación en los propios espeleólogos, para galerías angostas y zonas de pequeñas labores o con muchos recovecos, como la realizada en la presente investigación. A la derecha se ilustra cómo es la topografía convencional, con estación total y visuales a jalón.

Método Itinerario y errores con brújula

Este método consiste en unir los puntos de medida que se toman formando un contorno poligonal midiendo sucesivamente sus lados AB, BC, etc., que se denominan ejes, y los ángulos formados por cada dos ejes consecutivos. Esta medida de los ángulos puede hacerse de diversos modos dando origen a distintos tipos de itinerarios (Figura 93).

Itinerario encuadrado: cuando partiendo de un punto A levantado de antemano por el método más preciso de intersección o por otro itinerario, termina en un punto F, también conocido.

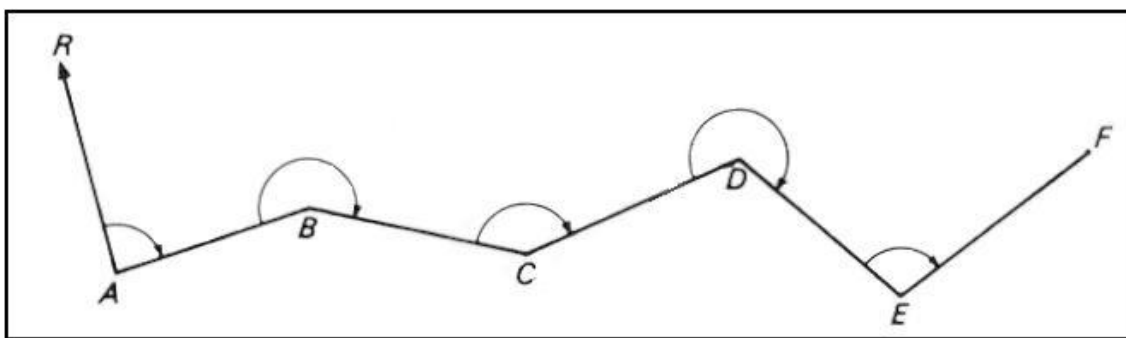


Figura 93: Esquema del método itinerario (Jordá-Bordehore, 2008).

Itinerario cerrado: cuando el itinerario termina en el mismo punto de partida.

Con el método itinerario se acumulan los errores, y es por eso que exige comprobación, siendo siempre poco recomendable dejar un itinerario colgado (dándose este nombre a los itinerarios que no terminan en un punto conocido).

El error angular en los itinerarios (Figura 94) con brújula se produce cuando al estacionar en A se comete un error angular ϵ_1 en la lectura del rumbo, el punto B se desplazará a B'. A su vez en B' cometemos un nuevo error ϵ_2 y así sucesivamente. El punto D real estará desplazado a D''' siendo ese el error absoluto.

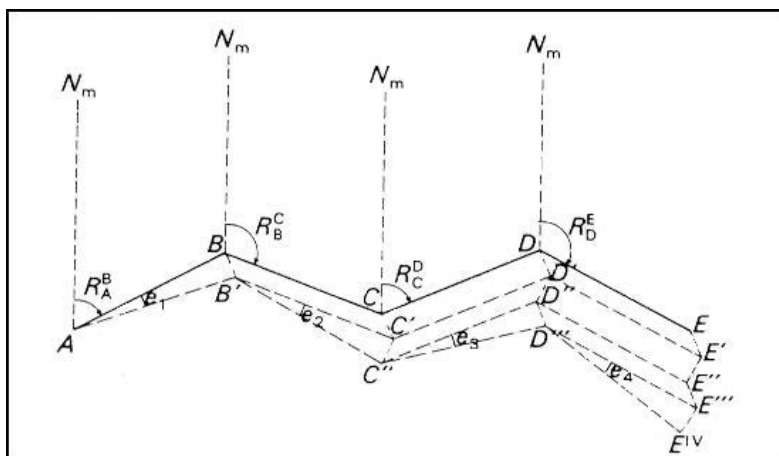


Figura 94: Error angular con brújula. Técnica habitual en espeleología (Jordá-Bordehore, 2008).

Transporte gráfico de un itinerario; compensación del cierre

Para transportar gráficamente el itinerario se repiten en el plano las operaciones efectuadas en el campo. Al dibujar el itinerario y sumarse los errores gráficos cometidos en cada punto, llegará a hacerse perceptible y el último punto E' dejará de estar en coincidencia con el de llegada E en un itinerario encuadrado, o con el punto de partida A si el itinerario fuese cerrado. Se unirá el punto de llegada erróneo con el correcto y la recta de unión, que representa el error de cierre, se dividirá en tantas partes iguales como ejes tenga el itinerario. Por cada uno de los puntos se trazan rectas paralelas al error de cierre y sobre ellas se lleva la magnitud de la división en el primer punto, de dos en el segundo, etc. Y uniendo los así señalados, se tiene compensado el itinerario gráfico. En los casos de itinerarios encuadrados con brújula, se efectúa la compensación en dos etapas, primero girando todo el itinerario hasta que el punto E' se sitúe sobre la recta AE, como medio de compensar el error angular procedente de la declinación magnética y después efectuar la compensación lineal en la forma indicada anteriormente.

Declinación magnética

Los valores medidos con la brújula están referidos todos al Norte Magnético (NM). Sin embargo, para orientarnos o representar datos en un mapa deberemos conocer la posición del Norte Geográfico (NG), que difiere del norte magnético (NM) y al de la cuadrícula del mapa (NC). El ángulo comprendido entre el norte magnético local y el norte verdadero (NG) se denomina declinación magnética local y varía según el lugar de la Tierra en el que realizamos las medidas. En algunas latitudes, la declinación magnética es despreciable, aunque en otras es preciso considerar el valor de la declinación para poder calcular el norte geográfico. Habitualmente, en los mapas topográficos se suele indicar la relación existente entre el norte de la proyección (NC) y el norte verdadero (NG) y magnético (NM) para el centro de la hoja. La declinación magnética varía con el tiempo por lo que para una representación precisa en un mapa será necesario calcular la declinación existente en el momento de la toma de datos, considerando la variación anual de la declinación y el tiempo transcurrido entre el origen indicado en el mapa y el momento de la lectura. En internet existen varias páginas web que ofrecen para el momento de la consulta el valor de la declinación magnética en un punto de la Tierra. En este caso (Figura 95), se ha despreciado por ser menor que el error del método.

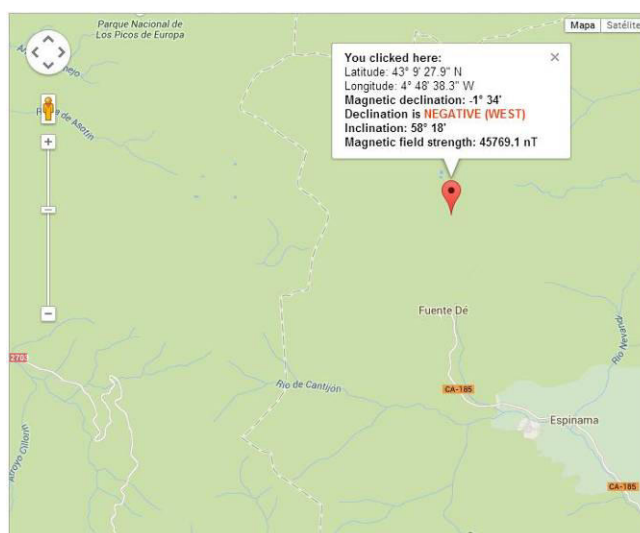


Figura 95: Valor de declinación magnética en el área de estudio a fecha 25 de marzo de 2015 (<http://magnetic-declination.com/>): -1°34'W.

4.2.3. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA TRIDIMENSIONAL

La representación gráfica tridimensional se ha realizado en aquellas galerías mineras que se consideran susceptibles de ser visitadas, bien por su fácil acceso, por su valor patrimonial o por no presentar un peligro sustancial para las personas que podrían acceder en el futuro a ellas.

Se ha empleado un programa de representación tridimensional a partir de levantamientos de tipo espeleológico. El programa se denomina Visualtopo (versión 4.9) y ha sido desarrollado por el espeleólogo francés Eric David. Es un programa de libre acceso en internet (vtopo.free.fr). Permite dibujar automáticamente la cavidad a partir de datos de visuales e itinerarios espeleológicos (Figura 96).

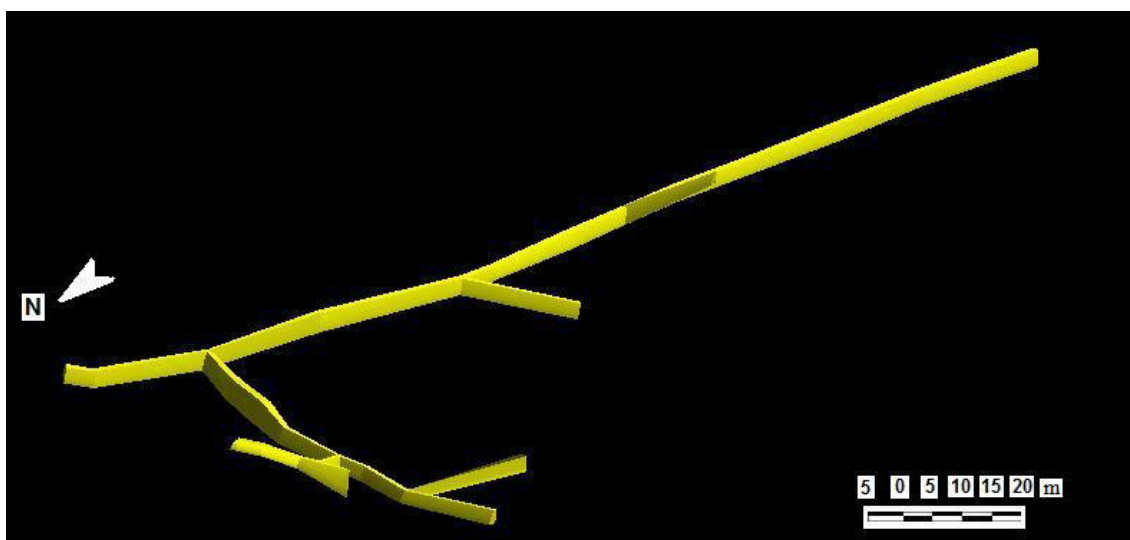


Figura 96: Esquema tridimensional realizado mediante el programa Visualtopo, versión 4.9, de las galerías de la Mina Almanzora.

4.2.4. CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

Una vez realizadas las exploraciones iniciales de las galerías mineras y preseleccionados los recorridos que podrían ser factibles para su aprovechamiento turístico, se analizó la estabilidad de las galerías mediante un estudio geotécnico.

La disciplina de la geomecánica, anteriormente denominada mecánica de rocas, analiza la interacción de los macizos rocosos con el medio antrópico (ingeniería). Las clasificaciones geomecánicas (en inglés *Rock Mass Classification*) tienen por objeto caracterizar ingenierilmente un determinado macizo rocoso y evaluar las necesidades de sostenimiento en función de una serie de parámetros a los que se les asigna un cierto valor (Jordá-Bordehore *et al.*, en prensa.). Clasificar geomecánicamente una masa de roca o macizo rocoso consiste en otorgarle una puntuación según una metodología o criterio preestablecido y clasificarla en una categoría de entre las varias existentes en función del rango de puntos. Es crucial considerar que cada una de estas categorías se puede traducir en una serie de recomendaciones sobre longitud de pase, tiempo de estabilidad de los vanos, necesidades y tipos de sostenimiento, etc. Estas clasificaciones, hoy día son un método de uso generalizado que permite evaluar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, y de aquí estimar los parámetros geotécnicos de diseño y el tipo de sostenimiento (González-Vallejo, 2002).

Entre las distintas clasificaciones para túneles propuestas hasta el presente sobresalen las de Terzaghi (1946), Lauffer (1958), Deere *et al.* (1967), Wickham *et al.* (1972), Beniaowski (1973) y Barton *et al.* (1974). De ellas solamente las dos últimas proporcionan procedimientos cuantitativos aplicables a los modernos sistemas de sostenimiento y construcción de túneles. Dichos métodos parten de la combinación de algunos de los siguientes parámetros del macizo rocoso:

- Resistencia a la compresión simple del material rocoso.
- Calidad de la roca o *Rock Quality Designation* (RQD).
- Espaciado de discontinuidades.
- Orientación de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades (continuidad, separación, rugosidad, meteorización y relleno).
- Estructuras geológicas y fallas individualizadas.
- Filtraciones.
- Estado tensional.

La gran aportación de estas clasificaciones ha sido la de parametrizar y establecer un lenguaje común entre especialistas. Se han convertido en una herramienta habitual para el reconocimiento de los macizos rocosos en los que van a construirse obras de ingeniería y especialmente túneles y obras subterráneas (Romana, 2001).

Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1973, 1974, 1979, 1989)

El sistema de clasificación Rock Mass Rating o sistema RMR fue desarrollado por Bieniawski durante los años 1972-1973, y ha sido modificado en 1974, 1979 y 1989, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente, se usa la edición de 1989, que coincide sustancialmente con la de 1979 (Cornejo y Salvador, 1996). Entre la versión de 1989 y la de 1974 hay algunas diferencias en la puntuación de varios parámetros. No se incluyen las tablas con los valores antiguos, aunque se siguen empleando en algunas clasificaciones y estudios y aparecen mencionados en la bibliografía (Hoek *et al.*, 1995).

Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los seis parámetros siguientes:

- 1) La resistencia a compresión simple del material
- 2) El índice RQD (*Rock Quality Designation*)
- 3) El espaciado de las discontinuidades
- 4) El estado de las juntas
- 5) La presencia de agua
- 6) La orientación de las discontinuidades

En el anejo 2, se indican los criterios de valoración utilizados para los distintos parámetros (sumandos), así como la obtención de cada uno de estos sumandos y las puntuaciones que se realizan.

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros enumerados. El valor del RMR oscila entre 0 y 100, y es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Bieniawski (1989) distingue cinco tipos o clases de roca según el valor del RMR:

CLASE I: $RMR > 80$, Roca muy buena

CLASE II: $80 > RMR > 60$, Roca buena

CLASE III: $60 > RMR > 40$, Roca media

CLASE IV: $40 > RMR > 20$, Roca mala

CLASE V: $RMR < 20$, Roca muy mala

Tabla 8: clases de roca según Bieniawski (1973, 1974, 1989).

Clasificación geomecánica Q

El Sistema-Q o comúnmente conocido por “clasificación de Barton” fue desarrollado en el Instituto Geotécnico Noruego (NGI), entre 1971 y 1974 por Barton, Lien y Lunde (Barton *et al.*, 1974). Su estudio se basó en el análisis de cientos de casos de túneles construidos principalmente en Escandinavia.

Desde su introducción en 1974, este sistema ha experimentado numerosas revisiones de la tabla de sostenimientos, que han sido publicadas en diferentes congresos. Posteriormente, tuvo lugar una extensa actualización, basándose en 1050 ejemplos, principalmente de excavaciones subterráneas noruegas (Grimstad y Barton, 1993). En 2002 se elaboró una nueva actualización basada en más de 900 nuevos ejemplos de excavaciones subterráneas en Noruega, Suiza e India.

El valor de Q puede utilizarse para clasificar el macizo rocoso alrededor de un hueco subterráneo, y también para hacer un “mapeo” o levantamiento geomecánico de campo. Esto quiere decir que el valor de Q depende del hueco subterráneo y de su geometría, y por tanto no es una caracterización

independiente del macizo rocoso (NGI, 2013). El valor del índice Q obtenido de un macizo rocoso sin perturbar en superficie puede ser diferente del de la excavación (NGI, 2013). El valor de Q es más preciso cuando se toma en huecos subterráneos. Sin embargo, el sistema puede emplearse también para levantamientos de campo, testificación de sondeos e investigaciones en un sondeo (testificaciones tipo *televiewer*, etc.), pero cabe recalcar que, en esos casos, especialmente en los sondeos, algunos de los parámetros pueden ser difíciles de estimar (NGI, 2013).

Cálculo del índice Q

El sistema Q asigna a cada terreno un índice de calidad Q, tanto mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Su variación no es lineal como la del RMR, sino exponencial, y oscila entre $Q = 0,001$ para terrenos muy malos y $Q = 1000$ para terrenos muy buenos.

En la Tabla 9 se muestran los rangos de valoración del índice Q.

Intervalo	Descripción o calidad
0,001 – 0,01	Roca excepcionalmente mala
0,01 – 0,1	Roca extremadamente mala
0,1 – 1	Roca muy mala
1 - 4	Roca mala
4 - 10	Roca media
10 - 40	Roca buena
40 - 100	Roca muy buena
100 - 400	Roca extremadamente buena
400 - 1000	Roca excepcionalmente buena

Tabla 9: Puntuación de la clasificación geomecánica Q en función del tipo de roca. Traducido de Barton *et al.*, 1974.

El valor de Q se obtiene de la siguiente expresión: $Q = RQD / J_n \times J_r / J_a \times J_w / SRF$

Donde cada parámetro representa lo siguiente:

- RQD es el índice *Rock Quality Designation*. Barton (1995) indica que basta tomar el RQD en incrementos de 5 en 5, y que como mínimo tomar $RQD = 10$, ya que, con un $RQD = 0$ obtendríamos un $Q = 0$.
- J_n es el coeficiente de familias de juntas o discontinuidades, que varía entre 0,5 y 20, y depende del número de familias de juntas que hay en el macizo.
- J_r es el coeficiente de la rugosidad de las juntas, que varía entre 1 y 4.
- J_a es el coeficiente de alteración de juntas y varía entre 0,75 y 20.
- J_w es el coeficiente de reducción por agua en juntas y varía entre 0,05 y 1.
- SRF son las iniciales de *Stress Reduction Factor* y depende del estado tensional de la roca que atraviesa el túnel. Varía entre 0,5 y 400.

Para la obtención de cada uno de los cinco últimos parámetros, se aportan unas tablas (ver anejo 3) donde se obtienen los valores correspondientes en función de descripciones generales del macizo rocoso.

De esta forma los diferentes cocientes tienen una significación especial:

- (RQD/J_n) indica el grado de fracturación o tamaño medio de bloque.
- (J_r / J_a) es la fricción de juntas, asimilable a la resistencia al corte entre los bloques.
- (J_w/SRF) se denomina “tensión activa” y es la influencia del estado tensional.

La valoración de los diferentes parámetros se encuentra en el anejo 3.

4.2.5. DISEÑO EMPÍRICO DE SOSTENIMIENTOS

Esta forma de análisis se lleva aplicando al diseño de túneles desde su creación en la década de 1970 de forma efectiva (Barton y Grimstad, 2004; Barton y Bieniawski, 2008; Bieniawski, 2011). Se trata de una metodología basada en la observación que combina las inspecciones de campo (estaciones geomecánicas, geofísica y sondeos) realizadas antes y durante la excavación (levantamientos de frente de túnel) con una serie de sostenimientos o refuerzos tipo, predefinidos en función del rango de calidad de la roca. Ampliamente consensuadas y con ligeras modificaciones desde sus inicios, las clasificaciones más utilizadas, como ya se ha señalado, son el índice Q y el *Rock Mass Rating* o RMR, que son aplicados en obras subterráneas de todo el mundo. Por otra parte, para adaptarse a otros tipos de excavaciones, tales como taludes, grandes cámaras, métodos de hundimiento controlado, pozos, etc., han surgido variantes del RMR y del Q, que básicamente añaden factores de corrección a los índices originales.

Los métodos empíricos de análisis de estabilidad están estrechamente ligados a estas clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos: se basan en el análisis retrospectivo (*back-analysis*) de numerosos casos prácticos en los cuales se ha analizado la estabilidad de un hueco u obra subterránea, mediante una o varias de las clasificaciones y el tamaño del hueco. A mejor calidad del macizo mayor estabilidad y a mayores dimensiones de los huecos, más inestabilidad. Los métodos empíricos se presentan casi todos ellos como unos gráficos con dos entradas, en abscisas y ordenadas (Figura 97), en los que se introducen los datos resumidos de calidad de la roca y tamaño del hueco. Cada caso analizado queda representado en el gráfico como un punto, el cual tiene un formato distinto si el hueco en sí es estable, presenta grados diversos de inestabilidad o ha colapsado.

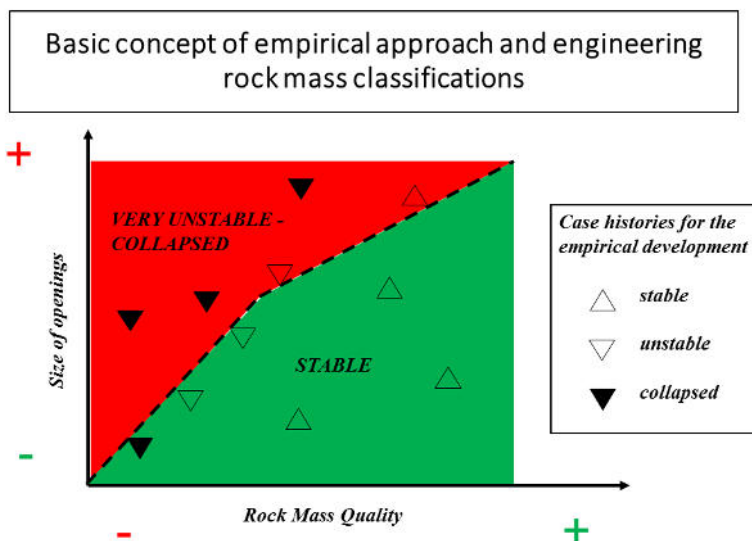


Figura 97: Gráfico esquemático de un método empírico cualquiera, que delimita las zonas estable e inestable para un par de coordenadas que representan el estado de un hueco subterráneo: tamaño y calidad de la roca. Nótese que a ambos lados de la recta de separación de dominios puede haber puntos anómalos, por ejemplo casos estables que caigan en zona inestable y viceversa (Jordá-Bordehore, en prensa.).

4.2.6. ANCHURA MÁXIMA PARA EXCAVACIONES SIN SOSTENIMIENTO

Bieniawski (1989) propone como parámetro relevante, el tiempo máximo de estabilidad de una excavación sin sostener, en función de la calidad de la roca (RMR) y del vano existente (normalmente la anchura de la galería) (Figura 98). Los datos mostrados como puntos corresponden a caídas de techos estudiados; los cuadrados negros de minas y los blancos de túneles (Bieniawski, 1989). La parte inferior del gráfico es la zona donde según la calidad de la roca y el ancho del hueco, se estima que no es necesario el sostenimiento; es en esta área donde deberían de estar situadas las minas abiertas permanentemente sin sostenimientos, como el caso que se propone en esta tesis. Las salas y galerías que cumplan estas condiciones geomecánicas se clasificarían como estables.

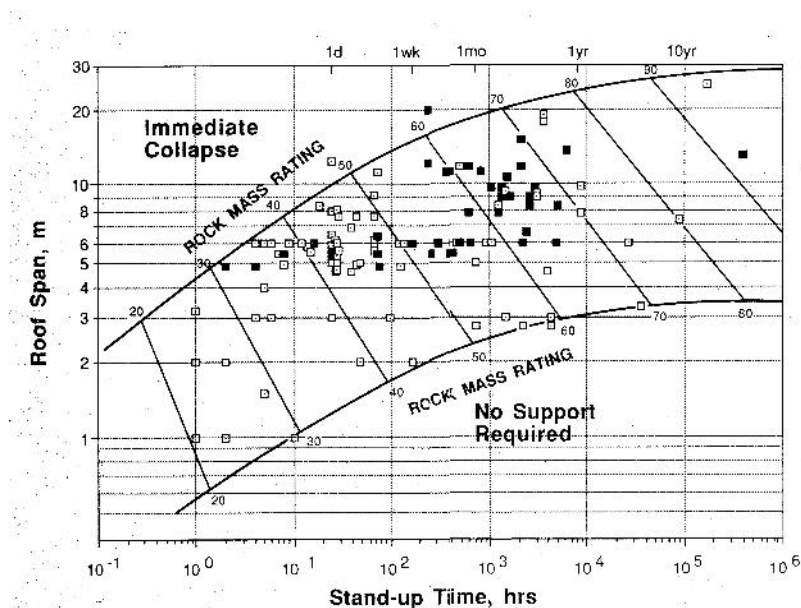


Figura 98: Tiempo de estabilidad, según Bieniawski (1989). En abscisas el tiempo máximo (horas) de estabilidad en escala logarítmica; en ordenadas anchura máxima del techo (metros).

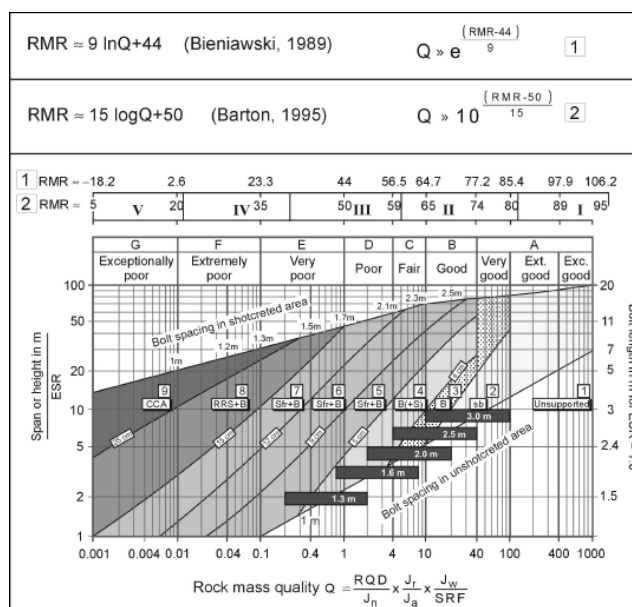
El límite para la zona sin sostener de este gráfico es demasiado conservador para el caso que nos ocupa y se propone la siguiente correlación para ajustar el RMR sin soporte RMR (NS) y el límite del máximo vano: $RMR(NS) = 22 \times \ln ED + 25$. Donde ED es la dimensión equivalente del criterio de Barton- índice Q: $ED \equiv De = B/ESR$ y B es el ancho o vano. El valor de ESR (*Excavation Support*) se obtiene de la Tabla 10, en función del uso que se vaya a dar a la excavación. Un valor bajo de ESR (al estar en el denominador de ED) condicionará la necesidad de un nivel alto de seguridad, mientras que altos valores de ESR indican que son aceptables menores niveles de seguridad.

Tipo de excavación		ESR
A	Labores mineras de carácter temporal.	Ca. 3- 5
B	Pozos verticales	
	i) Sección circular	Ca. 2.5
	ii) Sección rectangular /cuadrada	Ca. 2.0
C	Huecos mineros permanentes, túneles de centrales hidroeléctricas (excluyendo las galerías de alta presión), túneles de suministro de agua, túneles piloto, galerías de avance en grandes excavaciones.	1.6

D	Túneles menores de carretera y ferrocarril, chimeneas de equilibrio, túneles de acceso, colectores, etc...	1.3
E	Centrales eléctricas subterráneas, cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles importantes de carreteras primarias y de ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e intersecciones de túneles.	1.0
F	Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fábricas, etc.	0.8
G	Cavernas muy importantes y huecos subterráneos con una duración de vida larga, ~100 años o sin acceso para mantenimiento.	0.5

Tabla 10: Valores del índice ESR (traducido de NGI, 2013).

Las recomendaciones sobre sostenimiento y refuerzo de túneles y galerías mineras del índice Q (Barton, 2007), se resumen en forma de ábaco (Figura 99), en el que se incluyen las correlaciones y tabulaciones con el RMR (Grimstad y Barton, 1993; Barton, 2007).

**Figura 99:** Ábaco de sostenimiento por índice Q tomado de Grimstad y Barton (1993) actualizado (Barton 2007). La ecuación 2 evita valores negativos no deseados del RMR cuando $Q < 0.01$.

La elección de sostenimientos según el índice Q de Barton se basa en el gráfico de la Figura 99 según los valores de Q y de la Dimensión Equivalente. Aparecen nueve zonas en el gráfico, correspondiendo la número 1 a cuando no es necesario sostener, el número 2 al sostenimiento

más ligero y así sucesivamente hasta el número 9, que es el sostenimiento más potente. En el caso de las minas del área de estudio, en terrenos muy buenos, el hueco no va a tener sostenimiento (o al menos eso se pretende).

Anteriormente a establecer ese gráfico con los sostenimientos recomendados, se hicieron recopilaciones de casos reales de huecos totalmente estables en los que no hay sostenimiento (Barton, 1976) y se colocaron esos puntos en un gráfico marcando una línea límite como zona estable. Para los análisis que se van a realizar en la investigación resultan más útiles los gráficos de las Figuras 102 y 103.

Barton (1976) y Barton *et al.* (1980) analizan la aplicación del índice Q para estimar las dimensiones óptimas de una cavidad y su estabilidad. Un aspecto interesante del Sistema o índice Q es la posibilidad de reconocer cuáles son las características requeridas del macizo rocoso para que quede un espacio subterráneo estable sin sostenimiento alguno (Bieniawski, 1989). Después de analizar varios casos reales y de colocarlos en un gráfico apropiado (Figura 100), los requerimientos generales para huecos subterráneos permanentes sin sostenimiento se resumen en la Tabla 11.

Requisitos generales	Índice de diaclasado $J_n \leq 9$	Índice de rugosidad Jr ≥ 1	Índice de alteración $J_a \leq 1$	Índice de agua en las juntas $J_w = 1$	Factor reductor por efectos tensionales SRF ≤ 2.5
Requisitos condicionales	Si el RQD ≤ 40 entonces $J_n \leq 2$	Si $J_n = 9$, entonces debe de haber un Jr ≥ 1.5 y RQD ≥ 90	Si Jr = 1, debería de haber $J_n < 4$	Si SRF > 1, entonces se requiere que Jr ≥ 1.5	Si el vano (ancho del hueco) es mayor de 10 m, debe de haber un $J_n < 9$ Si el vano es > 20 m, se requiere $J_n \leq 4$ y SRF ≤ 1

Tabla 11: Requisitos generales y condicionales para huecos subterráneos permanentes sin sostenimiento (traducido de Barton, 1976).

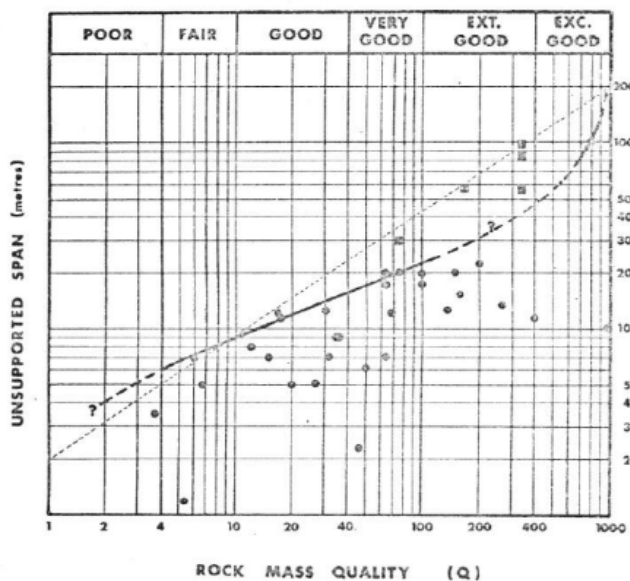


Figura 100: Vano o ancho de la excavación *versus* calidad del macizo rocoso (índice Q).

En la Figura 100 los cuadrados representan huecos naturales, de las cuevas de Carlsbad, Nuevo México, (EE.UU.). Los círculos representan excavaciones tales como minas, túneles y cavernas de centrales hidroeléctricas que no tienen sostenimiento alguno y por tanto son estables de forma permanente sin refuerzo alguno. La envolvente curva es una estimación del máximo vano de diseño para excavaciones permanentes hechas por el hombre, mientras que la línea de puntos englobaría además las cuevas naturales (Barton, 1976).

Además de lo anterior, la Figura 101 muestra un análisis cuantitativo del factor de seguridad de excavaciones sin sostenimiento. Houghton y Stacey (1980) sugieren que, dado que existen diferentes finalidades en las excavaciones mineras y civiles, para aplicaciones civiles se debe de exigir un factor de seguridad mayor de 1.2 en caso de omitir sostenimiento. La gran aportación de este gráfico es que permite obtener el factor de seguridad de forma muy sencilla e intuitiva; lo que resulta práctico para estudios de estabilidad de labores mineras como los de la presente investigación. Los autores analizaron qué condiciones de estabilidad tenían los diferentes espacios subterráneos representados por puntos en la Figura 100, posteriormente se iban agrupando en zonas asignándoles un valor de factor de seguridad a cada una de ellas en función

del más típico entre los puntos que se encontraban en ella. De igual manera, dado una mina o túnel sin sostenimiento en la que se pretende valorar la estabilidad, se procede a ubicar en el gráfico mediante su abscisa (calidad Q) y su ordenada (ancho sin sostener o vano) y se localiza a que banda de factor de seguridad corresponde.

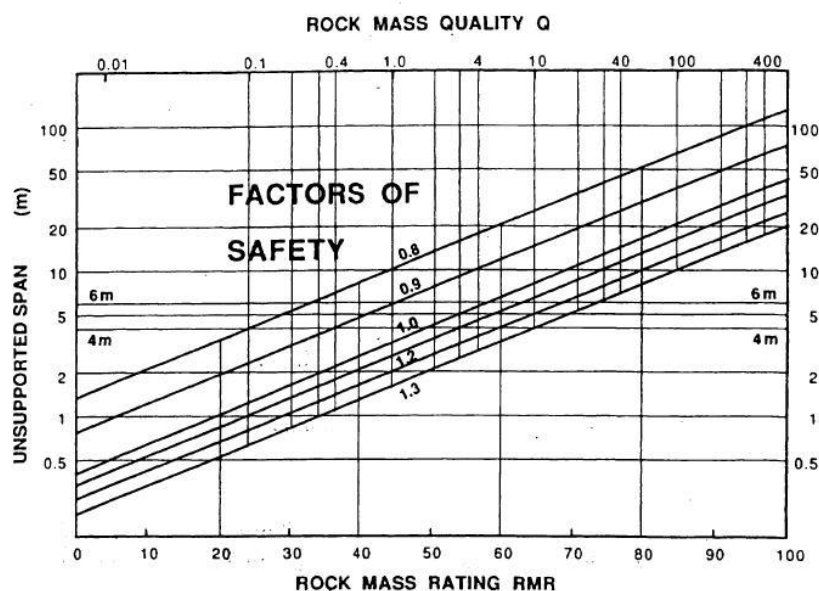


Figura 101: Factor de seguridad estimado para excavaciones subterráneas sin sostenimiento, en función del ancho del hueco y la calidad del macizo rocoso, según Q y RMR (Bieniawski 1989, adaptado de Houghton y Stacey, 1980).

4.3.- ANÁLISIS DE LABORATORIO

Una de las principales problemáticas medioambientales de la minería son los residuos que se generan de la extracción y tratamiento de los minerales, principalmente en el caso de las explotaciones metálicas. En los últimos años se han sucedido algunos casos de desastres ambientales debido a la rotura y esparcimiento del material almacenado en los diques de estériles, algunos tan sonados como el caso de Aznalcollar de 1998 que llegó a afectar al Parque Nacional de Doñana (Ayala-Carcedo, 2004) o la balsa de residuos de la industria de aluminio de Ajka (Hungría) en octubre de 2010. De manera preliminar, se ha querido hacer una primera aproximación a la composición del dique de estériles de las mina de Las Mánforas, dado que a fecha de hoy no existe un análisis de su composición, por lo que no se puede evaluar en profundidad la posible afección que dicho dique ocasiona en el entorno.

En el mes de febrero de 2014 se recogieron varias muestras a una profundidad de 0,5 metros en la zona central del dique. Con las muestras de finos se realizaron una serie de análisis de laboratorio del IGME, con el objetivo de hacer una primera valoración del tamaño de grano y composición de los materiales que lo conforman (las actas del laboratorio figuran en el Anejo 6). Los ensayos realizados fueron:

- Análisis granulométrico por tamizado (8 fracciones). (PTE-MI-001 Ed 0).
- Difracción de rayos X- método de polvo cristalino (PTE-RX-004).
- Determinación de elementos traza (excepto mercurio) en muestras sólidas. Por ICP-AES.
- Determinación de elementos traza (excepto mercurio) en muestras sólidas. Por ICP-MS.

5. CRITERIOS DE VALORACIÓN DEL PATRIMONIO

A través de la valoración del Patrimonio Minero de una zona determinada, se obtiene la información esencial para futuras actuaciones destinadas a la conservación, divulgación, explotación, etc. de bienes patrimoniales (Hernández-Ortiz *et al.*, 2005).

Como indica Cendrero (1996), la evaluación de los LIG's no puede establecerse mediante parámetros estadísticos o formulaciones matemáticas. Es necesario disponer de un método, lo más objetivo posible, que permita su evaluación y valoración con un carácter comparado (González-Trueba y Serrano, 2008). Las publicaciones sobre la metodología de valoración patrimonial son mucho más escasas que las de inventario o incluso de puesta en valor.

Para realizar las propuestas de puesta en valor del patrimonio, era necesario disponer de una metodología que abarcase en la fase de inventario los elementos en superficie, así como criterios de clasificación y valoración para proponer la inclusión de los mismos como componentes de interés patrimonial. Cabe diferenciar dos tipos de valoraciones; la que se hace inicialmente en campo, en las fichas descritas en el apartado anterior, que corresponden con una descripción y puntuación *in situ*. En esa valoración no se tiene en cuenta la singularidad de los elementos sino más bien la existencia de los mismos, así como su calidad de observación. La segunda se realiza en gabinete, una vez reconocida e inventariada toda la zona.

Esta segunda valoración está basada en los trabajos de Cendrero (1996), Carcavilla *et al.* (2007), Jordá (2008), Alberruche *et al.* (2012), García-Cortés y Carcavilla (2013) y Jordá (2014). Resaltamos que según sea la escala en la que se trabaje, algunos de los criterios que se utilizan en estos trabajos no pueden aplicarse. Cendrero (1996) y Carcavilla *et al.* (2007), se centran exclusivamente en el patrimonio geológico, mientras que en nuestra valoración se incluyen elementos de patrimonio minero e industrial.

Consideramos como referencia básica los trabajos de Cendrero (1996 y 2000) que agrupan los criterios a considerar en tres tipos principales: el valor intrínseco, el valor ligado a la potencialidad de uso y el valor ligado a la necesidad de protección.

Estos criterios reflejan tres grandes categorías de cualidades a tener en cuenta en la catalogación, protección y utilización del Patrimonio Geológico. Algunos de estos criterios son relevantes desde más de un punto de vista, ya que pueden servir para clasificar un lugar tanto en función de su interés intrínseco como de su potencial de uso o su necesidad de protección.

Sin embargo, como indican García-Cortés y Carcavilla (2013): *“la necesidad o prioridad de protección es un parámetro a valorar una vez se hayan seleccionado los lugares por su interés intrínseco y de potencialidad de uso, y ello en base a dos argumentos:*

- *el primero, que la prioridad de protección es un aspecto crítico a la hora de proponer medidas a adoptar a las Administraciones competentes de la gestión del patrimonio, por lo que debe tener un tratamiento diferenciado y fácilmente comprensible;*
- *el segundo, que en la valoración de la necesidad de protección influyen algunos parámetros (como la cercanía a poblaciones o la facilidad de acceso) que son comunes a la valoración de la potencialidad de uso pero que juegan en sentido contrario, pudiendo producirse resultados equívocos si se valoran conjuntamente.”*

Con el inventario realizado en campo y su valoración preliminar, se procedió a realizar un listado de los elementos con interés patrimonial clasificados como medio, alto o muy alto, a partir del cual, se les aplicaron una serie de criterios de valoración simples. Este listado tiene una serie de apartados (véase el capítulo de Clasificación de los Puntos de Interés Geológico-Mineros) donde se han encasillado cada uno de los elementos. La tabla resultante no solo es útil para la valoración patrimonial de las labores o sectores mineros sino que serán puntos ya identificados susceptibles de integrarse en propuestas de gestión, principalmente itinerarios geomíneros, o de necesidad de protección en función de su vulnerabilidad.

A escala más general, se hace una valoración de cada una de las labores mineras de la zona de inventario, para la cual es necesario crear una nueva valoración en la que se tengan en cuenta principalmente criterios vinculados con la minería. En la investigación de Jordá-Bordevore

(2008), relacionada con el patrimonio minero de la Sierra de Madrid, se hace una primera aproximación a lo que serían los criterios de valoración que se muestran en esta investigación, si bien en este caso se pretende ampliar dicha valoración teniendo en cuenta las últimas directrices del IGME (Alberruche *et al.*, 2012; García-Cortés y Carcavilla, 2013), adaptándolo como se ha indicado al patrimonio minero y teniendo en cuenta el ámbito de trabajo e interés local del inventario. No se trata de identificar elementos patrimoniales singulares o únicos a nivel nacional, sino de hacer una valoración de los elementos locales para el desarrollo de unas propuestas de intervención, protección y divulgación dentro del ámbito del área de estudio.

Por último, se realiza una valoración de los sectores de Lloroza y Áliva, siendo en este caso los criterios aplicables más similares a los trabajos de Alberruche *et al.* (2012) y García-Cortés y Carcavilla (2013).

Por los motivos expuestos se realizaron las siguientes valoraciones:

- Clasificación de los elementos inventariados como Puntos de Interés Geológico-Mineros dentro del área de estudio.
- Valoración patrimonial de las labores mineras.
- Valoración de los recorridos subterráneos.
- Valoración de los sectores del área de estudio como Lugares de Interés Geológico-Mineros.

5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS INVENTARIADOS COMO PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO-MINEROS

Tras el inventario de campo se han seleccionado aquellos elementos que han obtenido una puntuación en el interés patrimonial como media, alta o muy alta. Se trata de los elementos potencialmente clasificables como puntos de interés geológico o mineros. A estos elementos se les ha aplicado una valoración basada en los criterios de Jordá-Bordehore (2008) y García-Cortés y Carcavilla (2013) (Tabla 12).

Estado de conservación	
4	En perfecto estado de conservación
3	Se pueden distinguir la utilidad del elemento minero o se aprecia bien el contexto geológico
2	Se intuye la utilidad del elemento minero o el contexto geológico
1	Parcialmente destruido o cubierto de materiales sueltos
0	Sólo queda el enclave o se encuentra tapado por materiales sueltos
Accesibilidad	
4	Se puede llegar con un turismo fácilmente
3	Se accede por una pista apta para vehículos 4x4
2	Se accede a pie por un sendero bien marcado
1	Se accede por un sendero dificultoso
0	No tiene acceso por sendero
Condiciones de observación	
4	El visitante puede situarse junto al elemento de forma cómoda y sin peligro
3	El elemento se observa comodamente, sin peligro pero a una distancia mayor a 10 metros
2	El elemento se observa sin peligro pero no existe una zona cómoda para el visitante
1	El elemento no se observa completo sin que exista peligro para el visitante
0	La zona de observación presenta un peligro para el visitante
Interés docente	
4	Está siendo utilizado para explicar el proceso que representa
3	Ilustra de manera clara el proceso que representa
2	El proceso que representa puede entenderse por un visitante especializado
1	Proceso a penas reconocible por un visitante especializado
0	No puede entenderse por un público especializado el proceso que representa
Interés científico	
4	Es un referente de estudio y existe abundante bibliografía
3	Elemento de interés para la comprensión geológico y/o minera de la zona
2	Elemento de cierto interés para la comprensión geológico y/o minera de las labores
1	Elemento de escaso interés científico
0	Elemento sin interés científico
Suma- puntuación	Significado
mayor de 15	Punto de Interés Geológico o Minero
10 a 15	Elemento susceptible de ser puesto en valor como parte de una zona visitable
menor de 10	Elemento de escaso interés o en zona de difícil aprovechamiento

Tabla 12: Criterios de clasificación de los elementos inventariados (basado en Jordá-Bordehore, 2008 y García-Cortés y Carcavilla, 2013).

En la Tabla 12 una puntuación mayor de 15 correspondería con la máxima valoración pudiendo clasificarse los elementos como Puntos de Interés Geológicos o Mineros (PIG, PIM o PIGM); entre 10 y 15, elementos susceptibles de ser puestos en valor; y menor de 10, elementos de escaso interés o situados en zonas de difícil aprovechamiento. Para una valoración posterior de las labores mineras, los puntos de interés identificados se han subclasificado según los siguientes indicadores:

-Edificaciones mineras (ME)

-Métodos de laboreo (ML)

-Metalogenia (MT)

-Estructuras geológicas vinculadas a la mineralización (GM)

-Elementos geológicos estructurales, geomorfológicos, litológicos o paleontológicos existentes en las labores (GG)

-Elementos geológicos de neoformación (GN)

Finalmente, se obtiene un cuadro resumen con la ubicación de los puntos de interés, su tipología y su valoración, que es la base, tanto a la hora de la valoración de las labores mineras y de los sectores mineros, así como para realizar las propuestas (Tabla 13).

ELEMENTO	LABOR MINERA	SECTOR MINERO	TIPO PATRIMONIAL	VALORACIÓN
E7	GRAMAS	LLOROZA	MT	12
G4	GRAMMAS	LLOROZA	ML	14
G6	ALTAIZ	LLOROZA	GM	16
P8	ALTAIZ	LLOROZA	ML	14
P6	HORC. COVARROBE	ÁLIVA	ML	12
Z2	BERTO	ÁLIVA	GG	9

Tabla 13: Ejemplo resumen de los elementos patrimoniales con su ubicación, tipología y valoración.

5.2. VALORACIÓN PATRIMONIAL DE LAS LABORES MINERAS

Reconocidos todos los elementos con valor patrimonial, se puede hacer una valoración de las diferentes labores mineras del área de estudio. Se trata de una valoración a nivel local, para una puesta en valor dentro de la zona de estudio, por lo que algunos de los criterios que exponen tanto Cendrero (1996) como García-Cortés y Carcavilla (2013) se descartan para esta valoración local puesto que son comunes a todas las labores, como son los relacionados con la densidad de población o el entorno socioeconómico entre otros. Se trata de poder identificar dentro del ámbito de la investigación aquellas zonas con mayor potencial. Se ha creado una nueva metodología para la valoración de labores mineras (Tabla 14). Esta valoración se hizo en las siguientes zonas:

- Minas de Fuente Dé (Sector de Fuente Dé)
- Minas de Las Gramas (Sector de Lloroza)
- Labores mineras de Hoyo sin Tierra (Sector de Lloroza)
- Altaiz (Sector de Lloroza)
- Canal de San Luis (Sector de Lloroza)
- Canal del Vidrio (Sector de Áliva)
- Providencia (Sector de Áliva)
- Las Mánforas (Sector de Áliva)
- Labores Zulema, Bat y Manolita (Sector de Áliva)
- Labores Inés (Sector de Áliva)
- Labores Berto-Piorenena (Sector de Áliva)
- Rosario-Poquito (Sector de Áliva)
- Marta Navarra (Sector de Áliva)
- Horcadina de Covarobres (Sector de Áliva)

Se han descartado en esta valoración las labores Ambasaguas y Resalado por su escasa entidad.

Abundancia o rareza	
4	Solamente existe un lugar/ejemplo en el Área de Estudio
3	Hay otro ejemplo en el Área de Estudio
2	3 - 5 ejemplos
1	5 - 10 ejemplos
0	> 10 ejemplos
Dimensiones de las labores	
4	Elementos kilométricos principalmente (difícilmente deteriorables por actividades humanas)
3	Elementos hectométricos principalmente (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas)
2	Elementos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas)
1	Elementos métricos (no vulnerables por las visitas)
0	Elementos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.) 0
Grado de conocimiento científico o investigaciones sobre el tema	
4	Investigado por equipos científicos y objeto tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas internacionales
3	Investigado por equipos científicos y objeto de tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas nacionales
2	Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre las labores
1	Se están realizando actualmente las primeras investigaciones en las labores
0	No existen trabajos publicados ni tesis doctorales sobre las labores
Representatividad de la actividad minera	
4	Los elementos que se conservan representan la totalidad de la actividad minera
3	Los elementos que se conservan representan algunas fases de la actividad minera
2	Los elementos que se conservan muestran la metalogenia o estructuras geológicas vinculadas
1	Se intuye algunas fases de la actividad con los elementos que se conservan
0	Los elementos que se conservan difícilmente pueden asociarse con la actividad
Diversidad de elementos de interés presentes	
4	Las labores presentan 5 o 6 elementos de interés (ME, ML, MT, GM, GC, GN)
3	Las labores presentan cuatro elementos de interés
2	Las labores presentan tres elementos de interés
1	Las labores presentan dos elementos de interés
0	Las labores sólo presentan un elemento de interés
Edad de la explotación	
4	Referencias históricas o vestigios mineros de edad prehistóricas o Antigua
3	Referencias históricas o vestigios mineros de edad medieval o moderna
2	Referencias históricas o vestigios mineros del siglo XIX
1	Referencias históricas o vestigios mineros del siglo XX
0	Actividad iniciada en el siglo XXI
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural	
4	Presencia de varios elementos tanto del patrimonio natural como del cultural en un radio de 5 km
3	Presencia de varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km
2	Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km
1	Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 10 km
0	No existen elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 10 km
Estado de conservación	
4	En perfecto estado de conservación
3	Se pueden distinguir la utilidad de elementos mineros o se aprecia bien el contexto geológico
2	Se intuye la utilidad de elementos mineros o el contexto geológico
1	Parcialmente destruido o cubierto de materiales sueltos
0	Sólo queda el enclave o se encuentra tapado por materiales sueltos

Tabla 14: Valoración patrimonial de las labores mineras.

Condiciones de observación	
4	El visitante puede situarse junto a las labores de forma cómoda y sin peligro
3	Las labores se observan comodamente, sin peligro pero a una distancia mayor a 10 metros
2	Las labores se observan sin peligro pero no existe una zona cómoda para el visitante
1	Las labores no se observan completas sin que exista peligro para el visitante
0	La zona de observación presenta un peligro para el visitante
Interés docente	
4	Esta siendo utilizado para explicar el proceso que representa
3	Ilustra de manera clara el proceso que representa
2	El proceso que representa puede entenderse por un visitante especializado
1	Proceso a penas reconocible por un visitante especializado
0	No puede entenderse por un público especializado el proceso que representa
Interés científico	
4	Es un referente de estudio y existe abundante bibliografía
3	Elemento de interés para la comprensión geológico y/o minera de la zona
2	Elemento de cierto interés para la comprensión geológico y/o minera de las labores
1	Elemento de escaso interés científico
0	Elemento sin interés científico
Accesibilidad	
4	Se puede llegar con un turismo fácilmente
3	Se accede por una pista apta para vehículos 4x4
2	Se accede a pie por un sendero bien marcado
1	Se accede por un sendero dificultoso
0	No tiene acceso por sendero
Proximidad a zonas recreativas (demanda potencial inmediata)	
4	Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa (campings, playas, etc.)
3	Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa
2	Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas
1	Lugar situado a menos de 10 km y más de 5 km de áreas recreativas
0	Lugar situado a más de 10 km de áreas recreativas
Infraestructura logística	
4	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 1 km
3	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km
2	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km
1	Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas
Suma- puntuacion significado	
mayor de 40	Labores con alto potencial de puesta en valor
25 a 40	Labores con medio potencial de puesta en valor
menor de 25	Labores con bajo potencial de puesta en valor

Tabla 14 (continuación): Valoración patrimonial de las labores mineras.

5.3. VALORACIÓN DE LOS RECORRIDOS SUBTERRÁNEOS

En la Tabla 15 se indican los criterios de valoración para los recorridos subterráneos. Se han tenido en cuenta los criterios para la valoración de las labores mineras, con alguna variación:

-Se ha suprimido la asociación con elementos de interés, puesto que es un concepto que corresponde a las labores mineras y no al recorrido subterráneo.

-El criterio de dimensiones de las labores es el siguiente: recorridos > 1 km, 4 puntos; entre 500 m – 1 km, 3 puntos; entre 100 m – 500 m, 2 puntos; entre 50 m – 100 m, 1 punto y recorridos <50 m, 0 puntos.

-Accesibilidad: se tiene en cuenta además el acceso al interior del recorrido subterráneo, por lo que labores que estén en rampa tendrán una puntuación de 1 y aquellas cuyo acceso esté cerrado o se necesiten cuerdas, 0 puntos.

Abundancia o rareza	4	Solamente existe un lugar/ejemplo en el Área de Estudio					
	3	Hay otro ejemplo en el Área de Estudio					
	2	3 - 5 ejemplos					
	1	5 - 10 ejemplos					
	0	> 10 ejemplos					
Dimensiones de las labores	4	Recorridos > 1 km					
	3	Recorridos entre 500 m – 1 km					
	2	Recorridos entre 100 m – 500 m					
	1	Recorridos entre 50 m – 100 m					
	0	recorridos <50 m					
Grado de conocimiento científico o investigaciones sobre el tema	4	Investigado por equipos científicos y objeto tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas internacionales					
	3	Investigado por equipos científicos y objeto de tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas nacionales					
	2	Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre las labores					
	1	Se están realizando actualmente las primeras investigaciones en las labores					
	0	No existen trabajos publicados ni tesis doctorales sobre las labores					
Representatividad de la actividad minera	4	Los elementos que se conservan representan la totalidad de la actividad minera					
	3	Los elementos que se conservan representan algunas fases de la actividad minera					
	2	Los elementos que se conservan muestran la metalogenia o estructuras geológicas vinculadas					
	1	Se intuye algunas fases de la actividad con los elementos que se conservan					
	0	Los elementos que se conservan difícilmente pueden asociarse con la actividad					

Tabla 15: Valoración patrimonial de los recorridos subterráneos.

Diversidad de elementos de interés presentes	
4	Las labores presentan 5 o 6 elementos de interés (ME, ML, MT, GM, GC, GN)
3	Las labores presentan cuatro elementos de interés
2	Las labores presentan tres elementos de interés
1	Las labores presentan dos elementos de interés
0	Las labores sólo presentan un elemento de interés
Edad de la explotación	
4	Referencias históricas o vestigios mineros de edad prehistóricas o Antigua
3	Referencias históricas o vestigios mineros de edad medieval o moderna
2	Referencias históricas o vestigios mineros del siglo XIX
1	Referencias históricas o vestigios mineros del siglo XX
0	Actividad iniciada en el siglo XXI
Estado de conservación	
4	En perfecto estado de conservación
3	Se pueden distinguir la utilidad de elementos mineros o se aprecia bien el contexto geológico
2	Se intuye la utilidad de elementos mineros o el contexto geológico
1	Parcialmente destruido o cubierto de materiales sueltos
0	Sólo queda el enclave o se encuentra tapado por materiales sueltos
Condiciones de observación	
4	El visitante puede situarse junto a las labores de forma cómoda y sin peligro
3	Las labores se observan comodamente, sin peligro pero a una distancia mayor a 10 metros
2	Las labores se observan sin peligro pero no existe una zona cómoda para el visitante
1	Las labores no se observan completas sin que exista peligro para el visitante
0	La zona de observación presenta un peligro para el visitante
Interés docente	
4	Esta siendo utilizado para explicar el proceso que representa
3	Ilustra de manera clara el proceso que representa
2	El proceso que representa puede entenderse por un visitante especializado
1	Proceso a penas reconocible por un visitante especializado
0	No puede entenderse por un público especializado el proceso que representa
Interés científico	
4	Es un referente de estudio y existe abundante bibliografía
3	Elemento de interés para la comprensión geológico y/o minera de la zona
2	Elemento de cierto interés para la comprensión geológico y/o minera de las labores
1	Elemento de escaso interés científico
0	Elemento sin interés científico
Accesibilidad	
4	Acceso al interior horizontal. A la entrada se puede llegar con un turismo fácilmente
3	Acceso al interior horizontal. A la entrada se accede por una pista apta para vehículos 4x4
2	Acceso al interior horizontal. A la entrada se accede a pie por un sendero bien marcado
1	Acceso en rampa
0	Acceso cerrado o es necesario el empleo de cuerdas
Proximidad a zonas recreativas (de demanda potencial inmediata)	
4	Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa (campings, playas, etc.)
3	Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa
2	Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas
1	Lugar situado a menos de 10 km y más de 5 km de áreas recreativas
0	Lugar situado a más de 10 km de áreas recreativas
Infraestructura logística	
4	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 1 km
3	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km
2	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km
1	Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas
Suma- puntuación	Significado
mayor de 35	Labores con alto potencial de puesta en valor
30 a 35	Labores con medio potencial de puesta en valor
menor de 30	Labores con bajo potencial de puesta en valor

Tabla 15 (continuación): Valoración patrimonial de los recorridos subterráneos.

5.4. VALORACIÓN DE LOS SECTORES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se ha realizado una valoración de los sectores mineros como Lugar de Interés Minero, siguiendo una metodología propia, adaptada a la propuesta por el Instituto Geológico y Minero para los LIG's (García-Cortés y Carcavilla, 2013), así como la planteada por Alberruche *et al.* (2012). Se han aplicado algunos criterios relacionados con la minería, eliminando el relacionado con Carácter de localidad tipo y manteniendo continua la escala del 0 al 4 (más cómoda para trabajar, sin saltos en la valoración), (Tabla 16).

Representatividad de la actividad minera	
4	Los elementos que se conservan representan la totalidad de la actividad minera
3	Los elementos que se conservan representan algunas fases de la actividad minera
2	Los elementos que se conservan muestran la metalogenia o estructuras geológicas vinculadas
1	Se intuye algunas fases de la actividad con los elementos que se conservan
0	Los elementos que se conservan difícilmente pueden asociarse con la actividad
Grado de conocimiento científico o investigaciones sobre el tema	
4	Investigado por equipos científicos y objeto tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas internacionales
3	Investigado por equipos científicos y objeto de tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas nacionales
2	Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre las labores
1	Se están realizando actualmente las primeras investigaciones en las labores
0	No existen trabajos publicados ni tesis doctorales sobre las labores
Estado de conservación	
4	En perfecto estado de conservación
3	Se pueden distinguir la utilidad de elementos mineros o se aprecia bien el contexto geológico
2	Se intuye la utilidad de elementos mineros o el contexto geológico
1	Parcialmente destruido o cubierto de materiales sueltos
0	Sólo queda el enclave o se encuentra tapado por materiales sueltos
Condiciones de observación	
4	El visitante puede situarse junto a las labores de forma cómoda y sin peligro
3	Las labores se observan comodamente, sin peligro pero a una distancia mayor a 10 metros
2	Las labores se observan sin peligro pero no existe una zona cómoda para el visitante
1	Las labores no se observan completas sin que exista peligro para el visitante
0	La zona de observación presenta un peligro para el visitante
Abundancia o rareza	
4	Solamente existe un lugar/ejemplo en el Área de Estudio
3	Hay otro ejemplo en el Área de Estudio
2	3 - 5 ejemplos
1	5 - 10 ejemplos
0	> 10 ejemplos
Diversidad de elementos de interés presentes	
4	Las labores presentan 5 o 6 elementos de interés (ME, ML, MT, GM, GC, GN)
3	Las labores presentan cuatro elementos de interés
2	Las labores presentan tres elementos de interés
1	Las labores presentan dos elementos de interés
0	Las labores sólo presentan un elemento de interés
Edad de la explotación	
4	Referencias históricas o vestigios mineros de edad prehistóricas o Antigua
3	Referencias históricas o vestigios mineros de edad medieval o moderna
2	Referencias históricas o vestigios mineros del siglo XIX
1	Referencias históricas o vestigios mineros del siglo XX
0	Actividad iniciada en el siglo XXI

Tabla 16: Parámetros de valoración de interés de los Sectores Mineros.

Contenido didáctico / uso didáctico detectado	
4	Está siendo utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo
3	Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo o está siendo utilizado en actividades didácticas universitarias
2	Ilustra contenidos curriculares universitarios
1	Ilustra contenidos curriculares de otros niveles educativos
0	No cumple, por defecto, con las cuatro premisas anteriores
Infraestructura logística	
4	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 1 km
3	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km
2	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km
1	Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas
Densidad de población (demanda potencial inmediata) *1	
4	Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km
3	Entre 500.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km
2	Entre 200.000 y 500.000 habitantes en un radio de 50 km
1	Entre 100.000 y 200.000 habitantes en un radio de 50 km
0	Menos de 100.000 habitantes en un radio de 50 km
Accesibilidad	
4	Se puede llegar con un turismo fácilmente
3	Se accede por una pista apta para vehículos 4x4
2	Se accede a pie por un sendero bien marcado
1	Se accede por un sendero dificultoso
0	No tiene acceso por sendero
Dimensiones de las labores	
4	Elementos kilométricos principalmente (difícilmente deteriorables por actividades humanas)
3	Elementos hectométricos principalmente (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas)
2	Elementos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas)
1	Elementos métricos (no vulnerables por las visitas)
0	Elementos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.)
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural	
4	Presencia de varios elementos tanto del patrimonio natural como del cultural en un radio de 5 km
3	Presencia de varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km
2	Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km
1	Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 10 km
0	No existen elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 10 km
Espectacularidad o belleza	
4	Coincidencia de las cuatro siguientes características: 1) Amplitud de relieve alta 2) cursos fluviales caudalosos/grandes láminas de agua (o hielo) 3) variedad cromática notable 4) fósiles y/o minerales vistosos
3	Coincidencia de tres características
2	Coincidencia de dos características
1	Existencia de una de las cuatro características
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas
Contenido divulgativo / uso divulgativo detectado	
4	Está siendo utilizado habitualmente para actividades divulgativas
3	Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la Minería
2	Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cierto nivel cultural
1	Se intuye la utilidad del elemento minero o el contexto geológico para un colectivo de cierto nivel cultural
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas
Potencialidad para realizar actividades turísticas y recreativas	
4	Existen actividades turísticas y recreativas
3	Existen actividades turísticas o recreativas
2	Posibilidades turísticas y posibilidad de realizar actividades recreativas
1	Posibilidades turísticas o bien posibilidad de realizar actividades recreativas
0	Sin posibilidades turísticas ni de realizar actividades recreativas

Tabla 16 (continuación): Parámetros de valoración de interés de los Sectores Mineros.

Proximidad a zonas recreativas (de demanda potencial inmediata)	
4	Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa (campings, playas, etc.)
3	Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa
2	Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas
1	Lugar situado a menos de 10 km y más de 5 km de áreas recreativas
0	Lugar situado a más de 10 km de áreas recreativas
Entorno socioeconómico	
4	Lugar situado en comarca minera con declive socioeconómico
3	Lugar situado en comarca con declive socioeconómico
2	Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación inferiores a la media regional
1	Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación similares a la media regional pero inferiores a la media nacional
0	Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación superiores a la media regional

*1 si existen datos de visitas podrán aplicarse a este criterio

Tabla 15 (continuación): Parámetros de valoración de interés de los Sectores Mineros.

5.5. VALORACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN DE LOS SECTORES MINEROS

Se define susceptibilidad a la degradación como la suma de la fragilidad y la vulnerabilidad por amenazas antrópicas. Se proponen otras dos tablas semejantes a las de García-Cortés y Carcavilla (2013), con los parámetros de valoración de la susceptibilidad de degradación de los sectores mineros analizados (Tablas 17 y 18).

Dimensiones de las labores							
4	Elementos kilométricos principalmente (difícilmente deteriorables por actividades humanas)						
3	Elementos hectométricos principalmente (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas)						
2	Elementos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas)						
1	Elementos métricos (no vulnerables por las visitas)						
0	Elementos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.)						
Vulnerabilidad al expolio							
4	Presencia de documentación y utensilios vinculados a la mina de fácil expolio						
3	Presencia de documentación o utensilios vinculados a la mina de fácil expolio						
2	Presencia de escasos ejemplares de minerales de gran valor o fósiles de fácil expolio						
1	Presencia de numerosos ejemplares minerales de gran valor o fósiles de fácil expolio						
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas						
Amenazas por deterioro y agentes naturales							
4	Labores donde pueden producirse colapsos de pozos, zanjas, socavones y galerías. Edificaciones muy inestables						
3	Lugar con litologías que pueden verse afectadas por la presencia de intensos procesos activos (erosión, avenidas, desprendimientos, deslizamientos, etc.). Edificaciones inestables						
2	Lugar con litologías que pueden verse afectadas por la presencia de procesos activos (erosión, avenidas, desprendimientos, deslizamientos, etc.) de intensidad moderada. Escombreras muy inestables						
1	Lugar con litologías que pueden verse afectadas por la presencia de procesos activos (erosión, avenidas, desprendimientos, deslizamientos, etc.) de intensidad baja. Escombreras inestables						
0	Lugar no vulnerable						

Tabla 17: Valoración de la fragilidad (basado en García-Cortés y Carcavilla, 2013).

Proximidad a infraestructuras							
	4	Lugar situado en una explotación minera activa, en suelo urbano o en el borde de una carretera principal					
	3	Lugar colindante con una actividad industrial o minera, con suelo urbano no urbanizado o situado a menos de 25 m de una carretera principal					
	2	Lugar situado a menos de 100 m de una carretera principal, de 1 km de una actividad industrial, minera, a menos de 2 km de suelo urbano en ciudades de menos de 100.000 habitantes o a menos de 5 km en poblaciones mayores					
	0	Lugar no amenazado					
Interés para la explotación minera							
	4	Sustancia de gran interés. Única alternativa en la zona					
	3	Sustancia de gran interés. Hay alternativas en la zona					
	2	Sustancia de moderado interés. Única alternativa en la zona					
	1	Sustancia de escaso o moderado interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona					
	0	Sustancia sin interés					
Régimen de protección del lugar							
	4	Lugar situado en suelo rural preservado de su transformación mediante la urbanización, por la ordenación territorial y urbanística, o lugar carente de figura alguna de protección					
	2	Lugar con figura de protección pero no sujeta a plan de ordenación y sin guardería También bienes de interés cultural en razón a su contenido paleontológico / arqueológico					
	1	Lugar situado en parques nacionales o naturales, reservas naturales u otra figura con plan de ordenación y guardería					
Protección indirecta							
	4	Lugar carente de todo tipo de protección indirecta					
	3	Lugar fácilmente accesible, solo camuflado por la vegetación					
	2	Lugar fácilmente accesible pero situado lejos de sendas; sin estar camuflado por la vegetación					
	1	Lugar fácilmente accesible pero situado lejos de sendas y camuflado por la vegetación					
	0	Lugar difícilmente accesible					
Accesibilidad (agresión potencial)							
	4	Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar					
	3	Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos					
	2	Acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable por vehículos					
	1	Acceso directo por sendero turístico					
	0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas					
Régimen de propiedad del lugar							
	4	Lugar situado en áreas de acceso libre (propiedad pública o privada)					
	2	Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad privada					
	1	Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad pública					
Densidad de población (agresión potencial)							
		Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad pública 1					
		Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad privada 2					
	4	Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km					
	3	Entre 500.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km					
	2	Entre 200.000 y 500.000 habitantes en un radio de 50 km					
	1	Entre 100.000 y 200.000 habitantes en un radio de 50 km					
	0	Menos de 100.000 habitantes en un radio de 50 km					
Cercanía a zonas recreativas (agresión potencial)							
	4	Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa (campings, playas, etc.)					
	3	Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa					
	2	Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas					
	1	Lugar situado a menos de 10 km y más de 5 km de áreas recreativas					
	0	Lugar situado a más de 10 km de áreas recreativas					

Tabla 18: Valoración de la vulnerabilidad por amenazas antrópicas (modificado de García-Cortes y Carcavilla, 2013).

6. INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS

Como se ha indicado en el capítulo 1.2, el área de estudio se ha dividido en 4 sectores según la clasificación que realizó Mazarrasa (1930): Liordes, Fuente Dé, Lloroza y Áliva. Del primero de ellos, por contar con un valor patrimonial menor y encontrarse alejado de las principales rutas de tránsito, se ha realizado solamente una descripción general de la zona y los vestigios mineros. De los otros 3 sectores, mediante las fichas de campo descritas en el capítulo 4.1, se ha realizado un inventario detallado de los elementos mineros y geológicos de los grupos mineros presentes:

- Sector de Fuente Dé
- Gramas (sector de Lloroza)
- Altaiz (sector de Lloroza)
- San Luis (sector de Lloroza)
- Canal del Vidrio (sector de Áliva)
- Las Mánforas (sector de Áliva)
- Duje (sector de Áliva)
- Horcadina de Covarrobres (sector de Áliva)
- Marta Navarra (sector de Áliva)

Los elementos que se han inventariado se han dividido en 6 categorías:

- Edificios.
- Escombreras.
- Galerías.
- Pozos.
- Socavones.
- Zanjas.
- Afloramientos geológicos destacables.

6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR MINERO DE LIORDES

Situadas en la parte superior de la Canal del Embudo y entre los picos de la Padiorna y Remoña, se encuentran unas labores de escasa entidad, constituidas por zanjas y galerías someras (Figura 102), en las cuales se beneficiaban tanto las calaminas como los sulfuros, principalmente esfalerita.

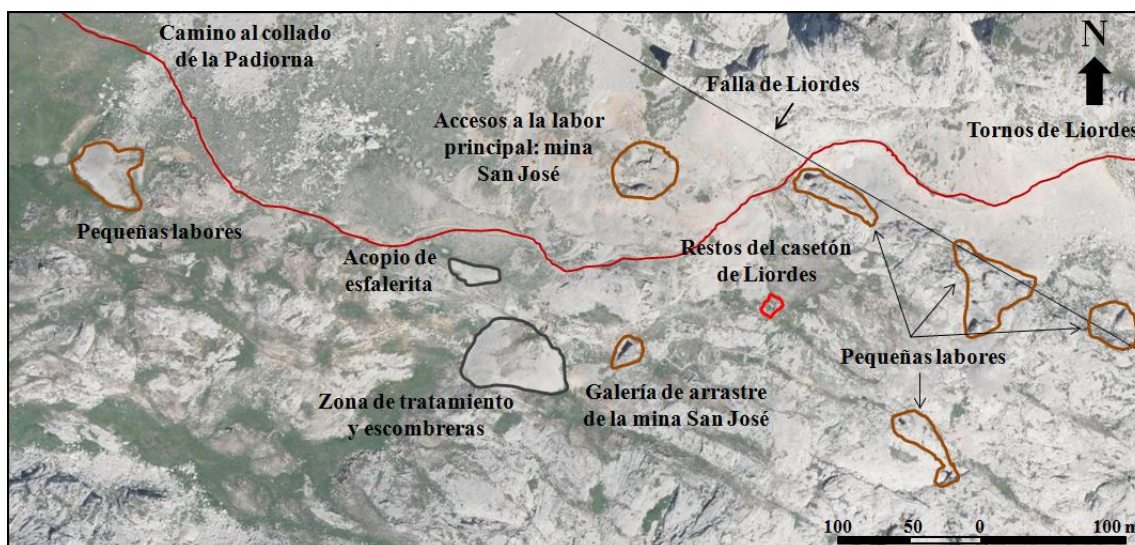


Figura 102: Situación de los principales elementos del sector minero de Liordes.

El elemento más destacado de este sector es sin duda el propio acceso. El camino que conduce desde la llanura de Fuente Dé hasta la Vega de Liordes, conformado por más de 40 curvas salvando un desnivel cercano a los 900 metros y conocido por el nombre de los Tornos de Liordes, enclavado entre la Canal del Embudo y la pared del circo de Fuente Dé y el pico de la Padiorna (Figura 103).

En la parte alta del collado se localizan los primeros trabajos de explotación, constituidos por galerías y algún pozo situado encima de la propia falla de Liordes, en los que probablemente, por los minerales que se observan en las escombreras, deberían beneficiarse principalmente las calaminas.



Figura 103: Los Tornos de Liordes, camino que conduce desde la llanura de Fuente Dé a la Vega de Liordes.

Al coronar el collado y a una altura cercana a los 1950 metros se encuentran los restos del casetón de Liordes, de los que solo se conservan la parte inferior de los muros (Figura 104). Abundan en toda esta zona pequeñas construcciones, situadas principalmente en las zonas llanas, donde debía tratarse el mineral de las minas. También están presentes algunos restos de utensilios mineros como vagonetas.

En la base del pico de la Padiorna, y a escasos metros al sur de la falla de Liordes, se sitúan los principales trabajos de este sector (Figura 105). La mina San José está constituida por una zona inicial de trabajos a cielo abierto, a modo de gran zanja de unos 50 metros de recorrido y hasta 6 metros de alto, de la que parten una serie de galerías que conducen a un plano inclinado con una explotación tipo cámaras y pilares formada por varios niveles de explotación, de unos 50 metros de potencia. La profundización de la misma debió dar lugar a la necesidad de construir una galería de arrastre (de dirección N045), en la actualidad inundada en los primeros metros, que se

localiza a unos 150 metros al sur del acceso principal a la mina.

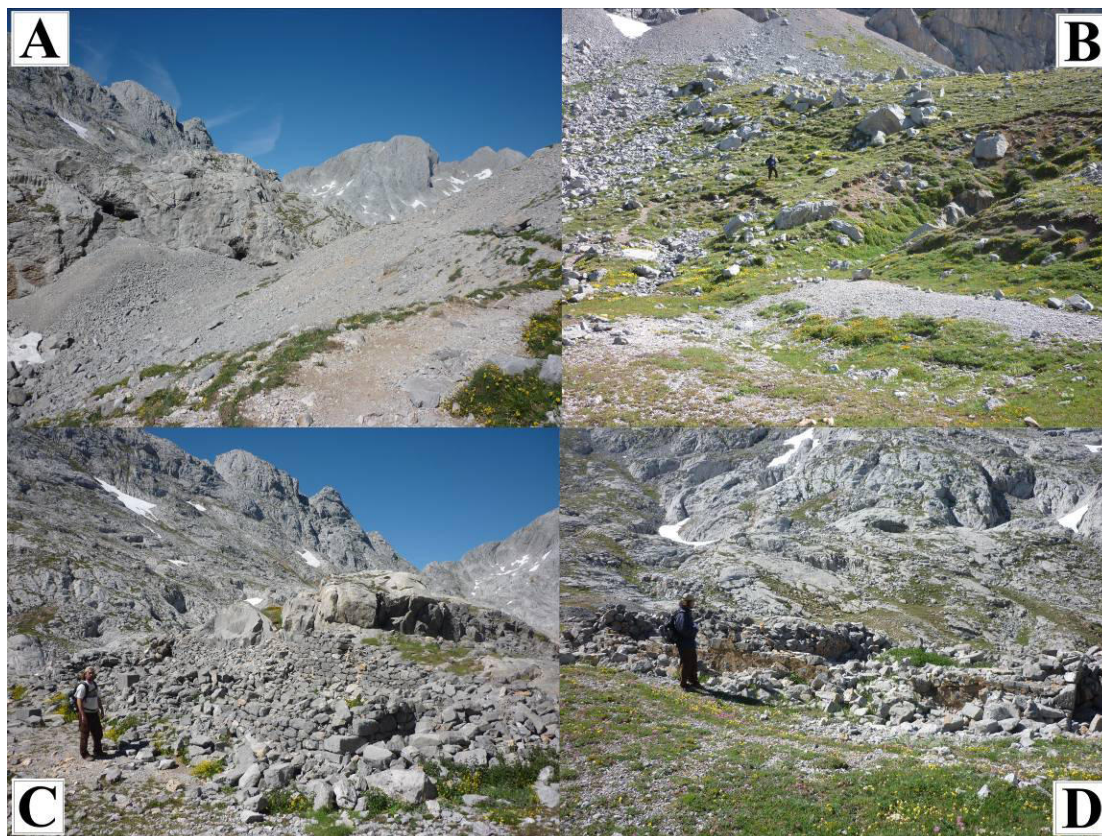


Figura 104: Trabajos de menor entidad en la falla de Liordes a la altura del collado (A) y en la parte baja hacia la vega (B). Edificaciones, casetón de Liordes (C) y construcción en la zona de tratamiento del mineral (D).

En la parte exterior de esta galería se aprecia una zona de tratamiento del mineral, con presencia de escorias de fundición y acopios de mineral seleccionado, constituidos casi en su totalidad por esfalerita, con algo de galena, calcopirita, pirita y calaminas.

Hacia el pico de Remoña se localizan algunas labores, con direcciones siempre subparalelas a la falla principal y hacia la vega de Liordes se aprecian pequeños trabajos de laboreo.

El sector de Liordes es una zona poco transitada a la que acceden solo montañeros o excursionistas de cierto nivel. El peligro existente en esta área debido a los escarpes del terreno es mayor incluso que el propio de las labores mineras. En cuanto al patrimonio minero, las edificaciones que permanecen en pie están en un estado muy avanzado de deterioro, siendo los

principales elementos patrimoniales, el propio camino de los tornos de Liordes y los acopios de mineral.



Figura 105: Mina San José. A la izquierda galería de arrastre con el pico de la Padiorna al fondo. A la derecha arriba, acceso a las labores y abajo, acopios de mineral en la zona de tratamiento.

6.2. INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS DEL SECTOR DE FUENTE DÉ

Situadas en la pared del circo de Fuente Dé, las labores mineras, constituidas principalmente por trabajos de interior, están agrupadas en dos zonas. La primera, situada en la vertical de la bifurcación del camino que conduce a Liordes, y la segunda y principal, a mitad de camino de la planicie de Fuente Dé y la estación superior del teleférico actual, que comprende tanto las explotaciones mineras como los restos del teleférico y la zona de tratamiento de mineral situadas en la pradera de Fuente Dé, en las proximidades del Parador Nacional allí existente.

La primera explotación (Figura 106) presenta bastantes incógnitas, ya que se trata de la segunda galería minera de mayor longitud del Macizo Central (tras la de Las Mánforas) y en todo su recorrido no se aprecian frentes de explotación ni filones mineralizados. Con una dirección casi N-S no presenta desviaciones significativas, por lo que es difícil asumir la utilidad real de la misma (exploración o quizás incluso especulativa). Ni en la pared exterior ni en las escombreras se aprecian evidencias que indicasen que se trata de una zona mineralizada. Tampoco se observa el contacto entre dolomías y calizas como es típico en todas las labores estudiadas, ni existen fracturas destacables. En el acceso a la misma en la margen derecha de la galería se encuentra una sala excavada con 3 ventanas y una puerta abiertas hacia el exterior que podrían tener el uso de vivienda o polvorín. El interior de esta galería se describe en el capítulo de exploraciones subterráneas. La parte superior de las escombreras se encuentran cubiertas por vegetación.



Figura 106: Labores mineras situadas en la pared del circo de Fuente Dé, en la vertical de la bifurcación de los caminos que conducen a Liordes y a la mina principal de Fuente Dé.

Los trabajos principales (Figura 107), conocidos como mina “Ya Salió” (Gutiérrez y Luque, 2000), están constituidos por una serie de niveles de galerías accesibles por 3 bocas. Se trata de

una explotación que mezcla realces en la parte superior (seguramente con fines más exploratorios) y cámaras y pilares inclinados hacia los niveles inferiores. La presencia de una gran zanja junto a la galería G2, en la que se observa un claro contacto entre calizas y rocas dolomitizadas, parece indicar que los trabajos se iniciaron en esa zona. Tanto esa galería como la G3 se localizan a una cota similar. La galería G4, actualmente inundada, podría haber sido excavada como galería de arrastre que comunica la zona de cámaras con la explanada donde se encuentra la parte superior del cable (ED4). Esta edificación conserva la tolva para transportar el mineral a la zona inferior de la pared donde hoy en día se conserva la estructura del cable (ED1), así como la zona de descarga hacia la antigua planta de tratamiento de la que solo se aprecia la escombrera (E1) constituida por finos procedentes del lavado. El método de tratamiento que se utilizó en esta mina fue por flotación.

Además de los restos del teleférico, se conservan en la parte superior una serie de edificaciones; la principal, en la cresta de la pared, mantiene hoy en día parte del techado de cinc. La otra está situada junto a la parte superior del cable y su estado es ruinoso.

En total se han identificado 3 escombreras, 1 zanja, 4 galerías, 4 edificaciones y un camino (Figura 108 y Tabla 19). En general, el riesgo de la zona es alto, no tanto por los propios elementos mineros, sino por la ubicación de los trabajos en una pared casi vertical con una caída cercana a los 200 metros en el caso de la mina Ya Salió. El principal valor patrimonial viene derivado de la existencia de los restos del cable, tanto los de la parte inferior como los de la zona de las labores, en un estado de conservación bueno teniendo en cuentas los años en desuso y sin mantenimiento alguno.

La superficie afectada por las labores es de 7500 m², correspondiente principalmente a la escombrera y edificación de la parte inferior.



Figura 107: Elementos mineros de la mina Ya Salió. A: parte inferior del cable (ED1). B: viviendas de los mineros (ED2). C: acceso a las minas por la galería G3. D: parte superior del cable (ED4) y edificación ED3.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			SI	BAJO			BAJO	FINOS DE LA PLANTA
	E2			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	BLOQUES DE CALIZA
	E3			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	BLOQUES EN LOS EMBOQUILLES
ZANJAS	Z1	NO	NO	NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
GALERÍAS	G1	NO	NO		BAJO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO DE INTERIOR
	G2	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO DE INTERIOR
	G3	NO	SI		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO DE INTERIOR
	G4	SI	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	GALERÍA DE ARRASTRE
EDIFICACIONES	ED1				BAJO	RECUPERABLE	MINEROS	MUY ALTO	CABLE INFERIOR Y RESTOS PLANTA
	ED2				BAJO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	VIVIENDAS
	ED3				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	RESTOS DE CASETA
	ED4				MUY ALTO	BUENO	MINEROS	MUY ALTO	CABLE SUPERIOR
CAMINOS	C1				MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	ALGO DE MUROS EN LA PARTE SUP.

Tabla 19: Elementos mineros en Fuente Dé. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

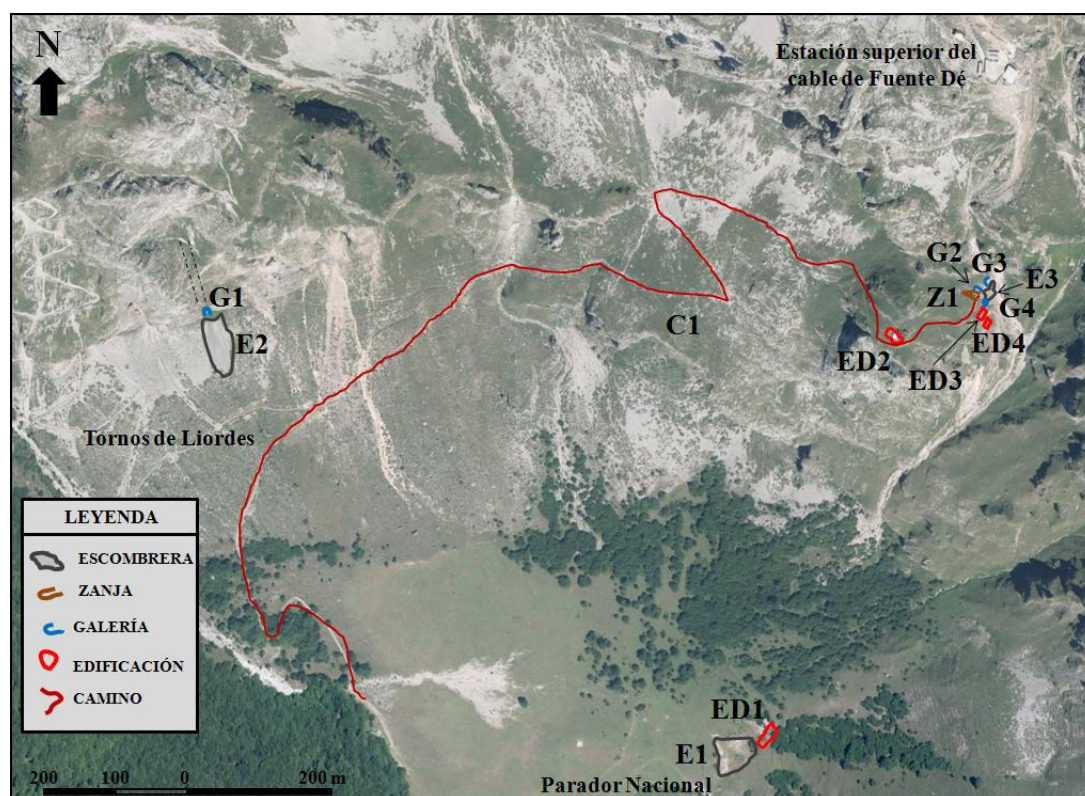


Figura 108: Situación de los restos mineros en el sector de Fuente Dé.

6.3. INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS DEL SECTOR DE LLOROZA

6.3.1. GRUPO MINERO LAS GRAMAS

Aunque pertenecen al mismo grupo minero, se han diferenciado dos zonas, la correspondiente a las minas de Las Gramas propiamente dicha y los trabajos que se sitúan en el Hoyo sin Tierra, más allá del collado de Fuente Escondida. Estas labores se comunican con un camino de dos kilómetros de recorrido en muy buen estado de conservación.

Minas de Las Gramas

Se trata de una mina subterránea de cierta entidad y considerables labores de infraestructura, a la cual rodean una serie de pequeñas labores satélite esparcidas desde “la Vueltona” hasta el collado de Fuente Escondida, constituidas principalmente por zanjas y pequeños pozos.

En la Vueltona, se localizan varios pozos de pequeñas dimensiones y una labor mayor (G1) con un recorrido interior de varias decenas de metros. En la zanja Z1 (de 2 metros de recorrido, 1,5 de ancho y 2 de altura) se observa los restos de un filón con calcita espática y calaminas, así como ejemplares de galena en las escombreras. Los pozos P1 y P2, ambos de secciones de 2 metros de diámetro y una profundidad de 3 metros, no contienen muestras destacables de mineralización. En la escombrera E2 se han observado ejemplares de galena, esfalerita y siderita. En el interior de la zanja Z3, encontramos una galería en la que se observan varias geodas de calcita en “dientes de perro” y galena. Los pozos P3 y P4, con sus respectivas escombreras, son poco accesibles.

En el camino que lleva a Las Gramas, se sitúan la zanja Z5 de escaso recorrido y el pozo P5 de muy alto riesgo. Siguiendo por el camino (C1) que conduce a la parte superior de Las Gramas se encuentran dos pequeñas zanjas de 4 metros de recorrido, 2 de ancho y hasta 4 de altura; en las escombreras de la Z6 aparecen restos de galena y esfalerita. Cerca de ellas se sitúa la galería G3 con varias decenas de metros de recorrido y con una escombrera en la que se encuentran calizas con abundantes restos de crinoideos, así como ejemplares de esfalerita y calaminas.

Hacia la parte superior se emplazan varios pozos de alto riesgo, algunos de los cuales conectan con el recorrido interior de la mina de Las Gramas (P7, P8, P9, P10 y P13, así como la galería G4); el pozo P13, es el acceso actual a ese recorrido y es el ensanchamiento de una sima kárstica. En cuanto a las escombreras en esta parte alta, destaca la presencia de escorias de fundición en la E11. En las proximidades de esta zona, una bifurcación de C2 conduce a un

sector de simas empleadas como volcadero de mineral. Dispersas por la zona superior se localizan una serie de pequeñas labores superficiales (zanjas) cuya finalidad pudo ser exploratoria más que extractiva. Se conservan algunas estructuras como la base de un pequeño malacate (Figura 109).



Figura 109: Camino C2 en la parte superior de Las Gramas (A). Pozo P8 (B) y pozos contiguos (C y D) con los restos de la estructura de un torno (P10), ambos en la parte superior.

En la parte inferior de Las Gramas destacan la gran escombrera E18 con presencia de minerales (esfalerita principalmente), entre fragmentos de calizas con crinoideos. La galería G5 funcionaba como galería de arrastre o transporte (que además conserva huellas de travesaños de la vía), siendo uno de los principales recorridos subterráneos del Macizo Central, con la espectacularidad de que en la misma se localizan varios soplaos, conectando uno de ellos con Las Gramas Superior. Se localizan también en la parte baja dos galerías mineras ya sin conexión entre ellas (G6 y G7). En la zona se conservan restos de edificaciones en muy mal estado, quedando en pie tan solo parte de los muros laterales (Figura 110).



Figura 110: A: galería G1 en la Vueltona; B: camino y escombreras en Las Gramas inferior; C: galería G5.

Se han identificado un total de 20 escombreras, 12 zanjas, 7 galerías, 13 pozos, 4 edificaciones y 2 caminos (Figuras 111, 112 y 113 y Tabla 20). La superficie afectada por las labores es de 10400 m².

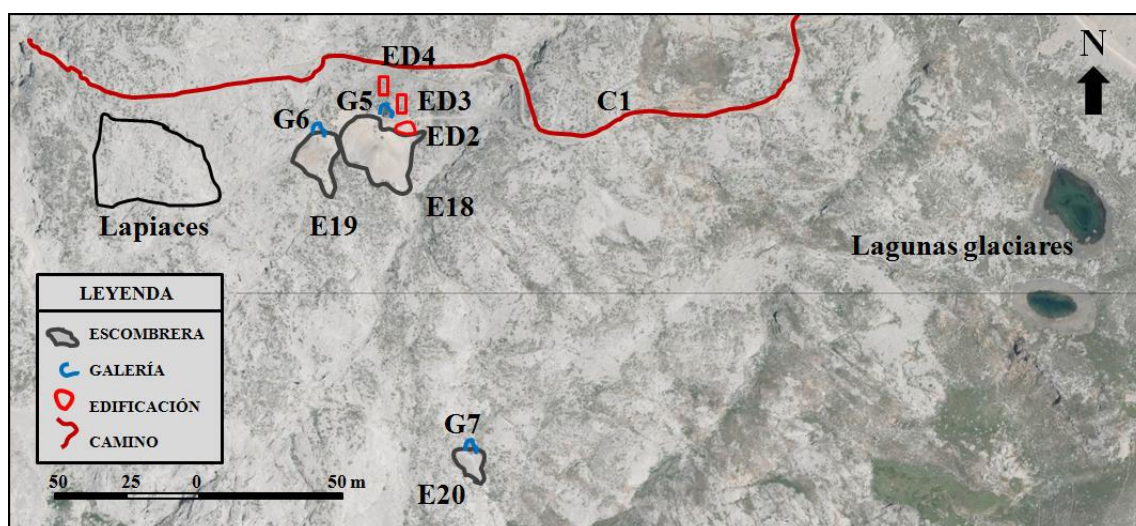


Figura 111: Situación de los restos mineros en la parte inferior de Las Gramas.

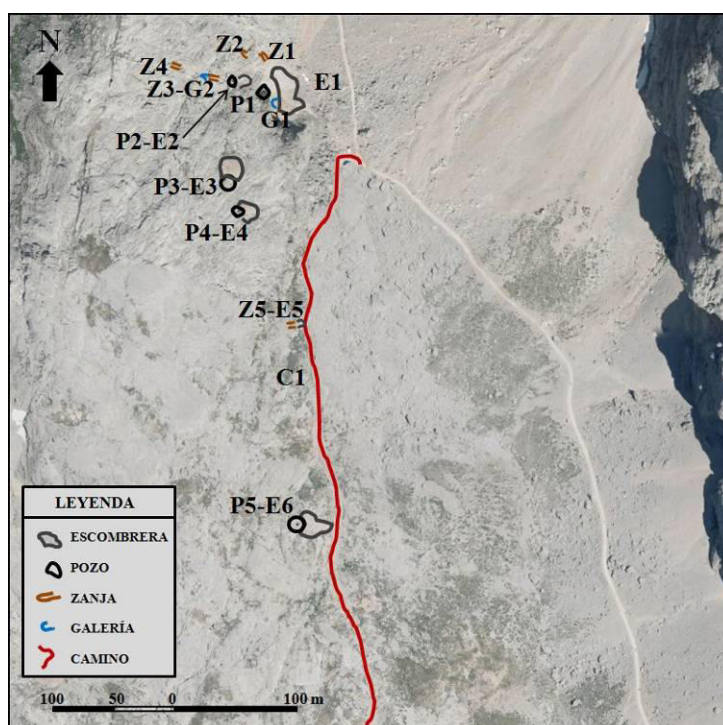


Figura 112: Situación de los restos mineros en la zona de la Vueltona.

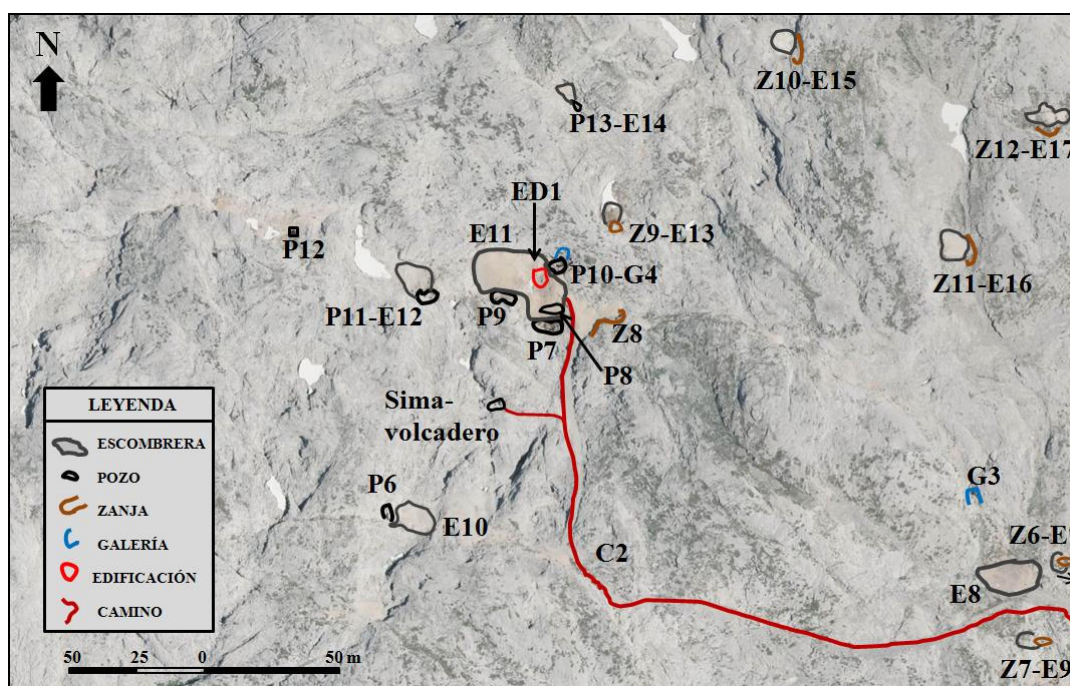


Figura 113: Situación de los restos mineros en la parte superior de Las Gramas.

Abundan los afloramientos de caliza con lapiaces en la zona alta de Las Gramas, destacando el que se encuentra en el camino a Fuente Escondida, así como numerosas simas que hacen que

fuera tan frecuente la interceptación de cavidades naturales en las labores de Las Gramas. Es de destacar, la presencia de lagunas glaciares (Hoyos de Lloroza) en la base de Peña Vieja junto a la zona de la Vueltona.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
	E2			NO	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	GALENA, ESFALERITA, SIDERITA
	E3			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P3
	E4			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P4
	E5			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN Z4
	E6			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P5
	E7			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN Z6
	E8			NO	BAJO		VARIOS	ALTO	PRESENCIA DE CRINOIDEOS
	E9			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN Z7
	E10			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P6
	E11			NO	ALTO		ELEM. MIN.	MEDIO	PRESENCIA DE ESCORIAS
	E12			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P11
	E13			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN Z9
	E14			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
	E15			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN Z10
	E16			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
	E17			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
	E18			NO	BAJO		VARIOS	ALTO	PRESENCIA DE CRINOIDEOS
	E19			SI	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	VEGETADA PARTE SUPERIOR
	E20			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
ZANJAS	Z1	NO	NO	NO	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	FILÓN CALCITA ESPÁTICA Y CALAM.
	Z2	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	
	Z3	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	EN INTERIOR G2
	Z4	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	ATRAVESADA POR DIQUE
	Z5	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	Z6	NO	NO	NO	MEDIO		MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	Z7	NO	NO	NO	MEDIO		MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	Z8	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	AFLORAMIENTO
	Z9	NO	NO	NO	MEDIO		MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	Z10	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	Z11	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	Z12	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
GALERÍAS	G1	NO	NO		ALTO	BUENO	VARIOS	ALTO	RECORRIDO DE INTERIOR
	G2	NO	NO		BAJO	BUENO	ELEM. MIN.	MEDIO	GEODA CALCITA Y GALENA
	G3	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO DE INTERIOR
	G4	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO Y SOPLAO
	G5	NO	NO		MEDIO	BUENO	VARIOS	MUY ALTO	RECORRIDO Y SOPLAO
	G6	NO	NO		BAJO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	
	G7	NO	NO		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	COLAPSO A LOS POCOS METROS
POZOS	P1	NO	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	BAJO	SECCIÓN 2x2. 3 PROF.
	P2	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P3	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P4	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P5	NO	NO		MUY ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P6	NO	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P7	NO	NO		MUY ALTO	RECUPERABLE	VARIOS	MEDIO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P8	NO	NO		MUY ALTO	RECUPERABLE	VARIOS	MEDIO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P9	NO	NO		MUY ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P10	NO	NO		MUY ALTO	BUENO	MINEROS	ALTO	ESTRUCTURA PARA TORNO
	P11	NO	NO		MUY ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBREAS
	P12	NO	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	BAJO	SECCIÓN CUADRADA 2x2
	P13	NO	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	MUY ALTO	CONEXIÓN PPAL. SUBTERRÁNEA
EDIFICACIONES	ED1				ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	ESTRUCTURA PARA TORNO
	ED2				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	SOLO SE CONSERVAN LOS MUROS
	ED3				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	SOLO SE CONSERVAN LOS MUROS
	ED4				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	SOLO SE CONSERVAN LOS MUROS
CAMINOS	C1				BAJO	BUENO	MINEROS	ALTO	CAMINO HASTA FUENTE ESCONDIDA
	C2				BAJO	BUENO	MINEROS	ALTO	CAMINO A GRAMAS SUPERIOR
AFLORAMIENTO	A1				BAJO	BUENO	LITOLOGÍA	ALTO	LAPIACES

Tabla 20: Elementos mineros en Las Gramas. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

Hoyo sin Tierra

Al llegar al collado de Fuente Escondida se encuentran los restos de una antigua planta de tratamiento en la que se trabajaba tanto el material explotado en Altaiz como el de Hoyo sin Tierra (imagen A de la Figura 114). Dispersos por el collado se aprecian fragmentos escoriáceos. Las labores de esta zona son principalmente pequeños trabajos de interior continuando vetas explotadas inicialmente en superficie. El volumen de las escombreras nos da una idea de las pequeñas dimensiones de las minas (imagen C de la Figura 114).

Las labores se localizan en la parte alta del Hoyo, al este del collado, a favor de una zona de fractura mineralizada, beneficiándose tanto calaminas en la zona más superficial como algo de sulfuros en el interior. A lo largo de esta fractura están situados los dos trabajos principales, la galería G1, con una disposición tanto longitudinal como transversal a la fractura (redes de filones asociados) y la galería G2 con dos salas, una primera de cámaras y pilares y una de 80 metros cuadrados de superficie y 10 de alto en la que se aprecian dos pozos (P2 y P3) en la parte superior (imagen D de la Figura 114). En la base de estas galerías se localiza un pozo-sumidero que conecta con la galería G4, con acceso en rampa y explotado mediante realces hasta la superficie.

Junto a las dos galerías principales y en dirección este se encuentran una zanja y una galería en dirección N-S de pequeñas dimensiones.

En las escombreras se aprecian ejemplares de calcita espática, sulfuros y calaminas; estas últimas mayoritarias. Se han identificado un total de 2 escombreras, 1 zanja, 4 galerías, 3 pozos, 2 edificaciones y 1 camino (Figura 115 y Tabla 21). La superficie afectada por las labores es de 3500 m².



Figura 114: Labores de Hoyo sin Tierra: A: planta de tratamiento en el collado de Fuente Escondida. B: panorámica de Hoyo sin Tierra con las labores a la derecha. C: escombreras. D: sala en el interior de la galería G2, que conecta con los pozos P2 y P3.

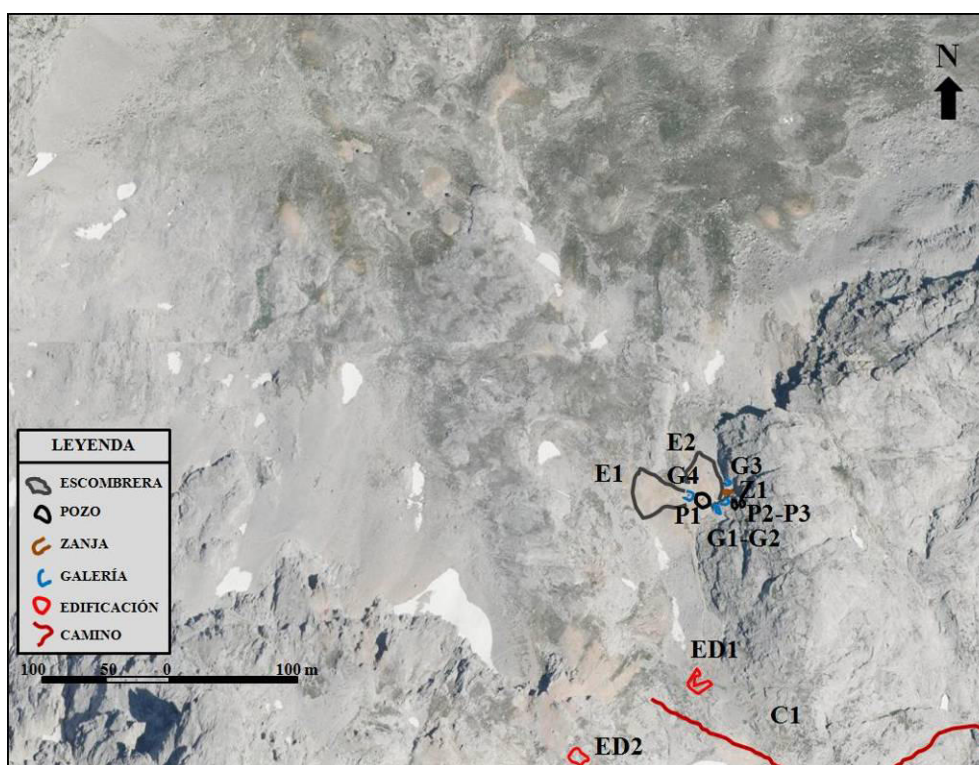


Figura 115: Situación de los restos mineros en Hoyo sin Tierra.

En la parte superior de los pozos P10 y P11 se conservan restos de una antigua edificación, probablemente relacionada con la base del cable de las minas de Altaiz (Figura 116).



Figura 116: Restos de una construcción en la parte superior de P10 y P11, en el camino de subida a Altaiz, posiblemente vinculados al cable de esta mina.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOBRERA	E1			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	CALAMINA, ESFALERITA
	E2			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	ESFALERITA, GALENA
ZANJAS	Z1	NO	NO	NO	BAJO		MINEROS	BAJO	EXPLORATORIA
GALERÍAS	G1	NO	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	MEDIO	VARIOS ACCESOS
	G2				MUY ALTO	RECUPERABLE	VARIOS	MEDIO	ACCESO A GRAN SALA
	G3				BAJO	BUENO	MINEROS	BAJO	CONEXIÓN CON P1
	G4	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO
POZOS	P1	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	CONEXIÓN CON G4
	P2	NO	NO		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	INACCESIBLE
	P3	NO	NO		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	INACCESIBLE
EDIFICACIONES	ED1				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	ANTIGUA PLANTA TRATAM.
	ED2				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	INFERIOR CABLE ALTAIZ
CAMINOS	C1				BAJO	BUENO	MINEROS	ALTO	

Tabla 21: Elementos mineros en Hoyo sin Tierra. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

6.3.2. GRUPO MINERO ALTAIZ

Las labores correspondientes al grupo minero Altaiz están situadas en lo alto del pico del mismo nombre, aprovechando una fractura SE-NO que lo atraviesa. Se localizan dos grandes zanjas alineadas en la parte oriental de la cumbre y una serie de trabajos de interior a diferentes cotas, tanto en la misma línea de las zanjas como a ambos lados (Figura 117), notándose que la franja mineralizada tiene al menos cuarenta metros de espesor (por la separación entre las labores). No se aprecia conexión entre las galerías, sino que se iban aprovechando las zonas ricas que afloraban en superficie, abandonándose los trabajos al bajar la ley y cambiando de zona de explotación.

En general, se trata de una zona de alta peligrosidad, no tanto por las propias labores sino por el entorno, una zona de alta montaña con pendientes elevadas y donde son frecuentes los desprendimientos. De hecho, las escombreras se confunden con los depósitos coluviales.



Figura 117: Zanjas en la parte alta del pico de Altaiz, a la izquierda Z1 y a la derecha Z2.

Cabe destacar la inmensa labor de acceso a la mina y para el transporte del mineral que se manifiestan hoy en día con el camino tallado en la roca y los restos del cable (Figura 118).

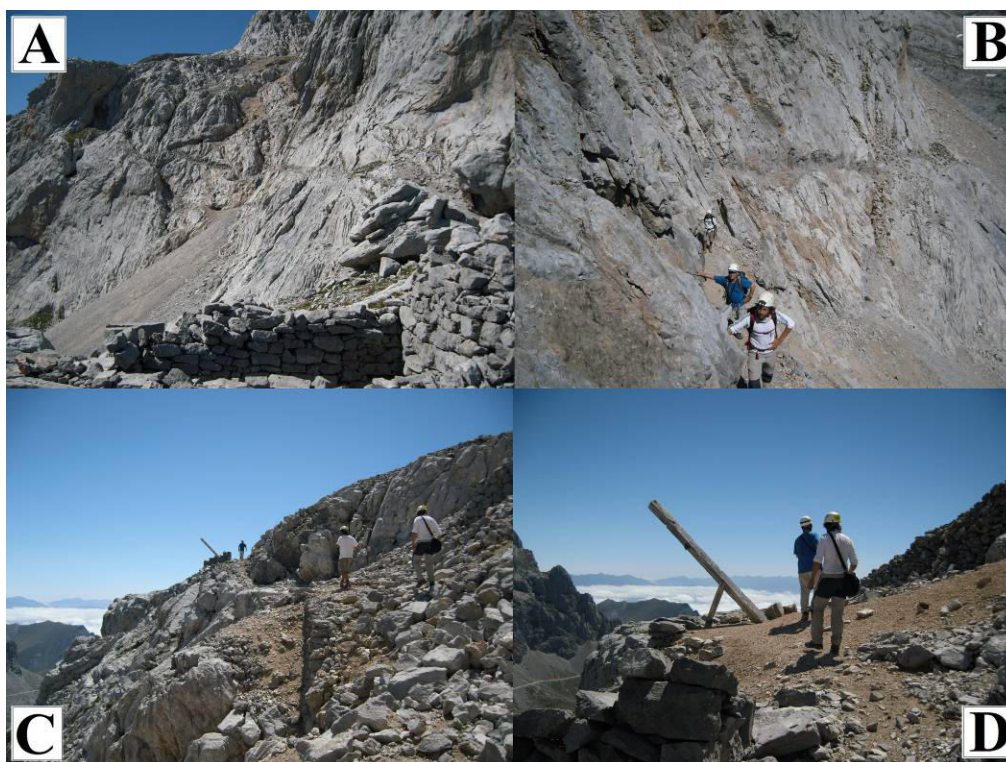


Figura 118: A y B: camino de acceso a las labores desde el collado de Fuente Escondida. C y D: camino en la parte superior y cable en la cumbre.

Los recorridos de interior varían mucho en dimensiones, desde pocos metros en el caso de G1 y G6, a varias decenas de metros en la galería G4. Se encuentran en general en buen estado de conservación, principalmente las galerías G2, G3 y G4. Esta última se observan varios filones en los que se aprecian calcitas espáticas (Figura 119).



Figura 119: A la izquierda galería G2 en la que no se aprecia entibación ni signos de inestabilidad. A la derecha filón con calcitas espáticas en la galería G4.

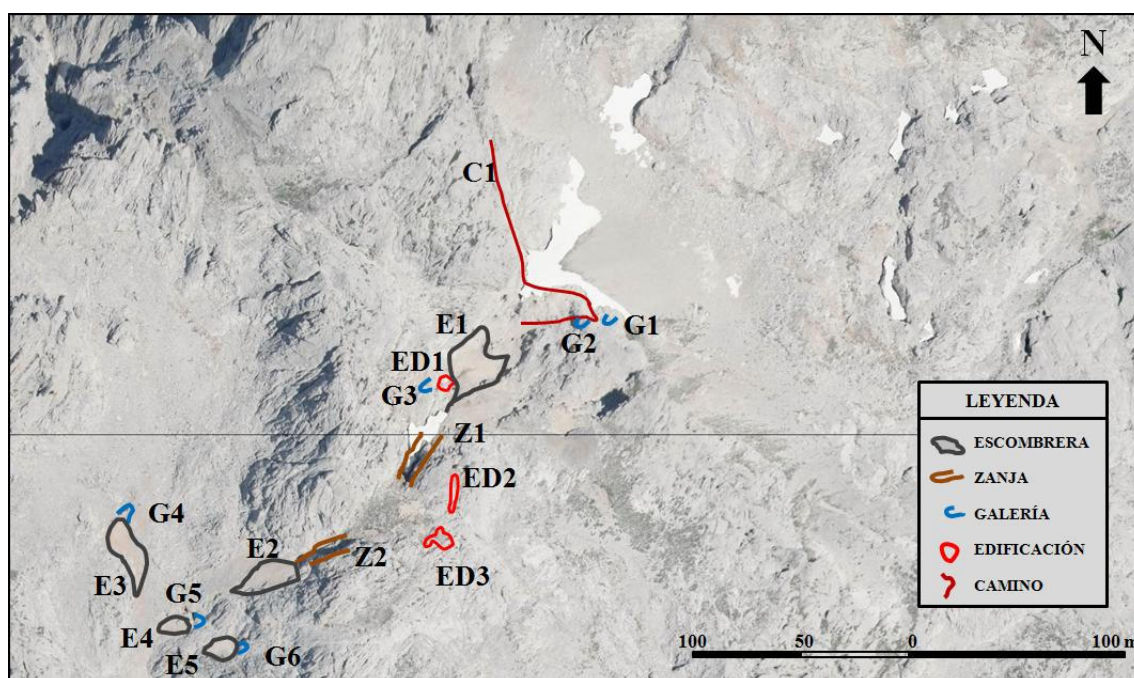


Figura 120: Situación de los restos mineros del grupo minero Altaiz.

La superficie afectada por las labores es de 6000 m².

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			NO	ALTO		ELEM.MIN.	BAJO	FUERTE PENDIENTE
	E2			NO	MEDIO		ELEM.MIN.	BAJO	FUERTE PENDIENTE
	E3			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	MEZCLADA CON COLUVIAL
	E4			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	MEZCLADA CON COLUVIAL
	E5			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN G6
ZANJAS	Z1	NO	NO	NO	ALTO		MINEROS	BAJO	FUERTE PENDIENTE
	Z2	NO	NO	NO	MUY ALTO		MINEROS	BAJO	GRANDES BLOQUES CAIDOS
GALERÍAS	G1	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	
	G2	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	G3	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO INTERIOR
	G4	NO	NO		MEDIO	BUENO	VARIOS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	G5	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO INTERIOR
	G6	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	INICIO DE COLAPSO
EDIFICACIONES	ED1				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	CASETA JUNTO A G3
	ED2				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	MURO PARTE SUPERIOR
	ED3				ALTO	RUINOSO	MINEROS	MEDIO	PORTE SUPERIOR CABLE
CAMINOS	C1				ALTO	BUENO	MINEROS	ALTO	CAMINO TALLADO

Tabla 22: Elementos mineros en el Grupo Minero Altaiz. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

6.3.3. CANAL DE SAN LUIS

A estas explotaciones del sector de Lloroza situado en la Canal de San Luis, corresponden dos pequeñas labores:

-La principal (mina San Luis) se encuentra en la ladera sur del Pico de Altaiz al inicio de la Canal.

-La segunda, más al oeste, casi enfrentada con las minas de Las Gramas.

Mina San Luis

Las labores situadas en la mina San Luis (Figuras 121 y 122 y Tabla 23) se encuentran en muy mal estado de conservación, contabilizándose dos zanjas, Z1 de 6 metros de recorrido, 2 de ancho y 3 de profundidad que presenta bastante peligro; Z2 de 10 metros de largo, 4 de ancho en su zona máxima y hasta 5 metros de profundidad, con una peligrosidad muy elevada. Entre ambas se localiza el pozo P1 de 3 metros de profundidad y el P2 en el interior de Z2 de 6 metros, ambos de secciones semicirculares de 2 m de diámetro. En el extremo norte hay una pequeña galería. Bajo estas labores se localiza una escombrera sin interés patrimonial (como el resto de elementos).



Figura 121: Galería y escombreras de la mina San Luis.

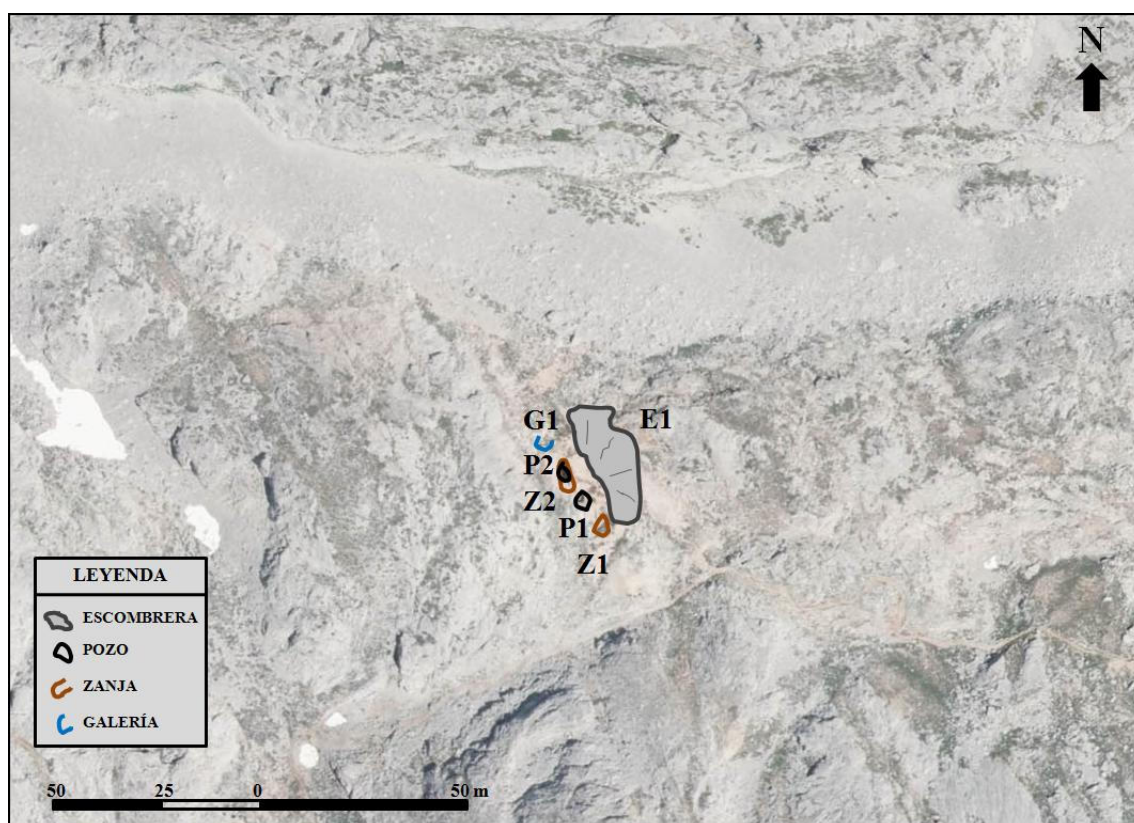


Figura 122: Situación de los restos mineros de la mina San Luis.

En el entorno se aprecian afloramientos de caliza con algunos campos de lapiaces de interés. La superficie aproximada de las labores es de 1000 m² en la mina San Luis.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z1, Z2, P1 Y G1
ZANJAS	Z1	NO	NO		ALTO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	Z2	NO	NO		MUY ALTO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
GALERÍAS	G1	NO	NO		BAJO	REGULAR	LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
POZOS	P1	NO	NO		ALTO	RUINOSO	LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	P2	NO	NO		MUY ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS

Tabla 23: Elementos mineros de la Mina San Luis. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad.

Canal de San Luis, “frente a Las Gramas”

Las labores situadas frente a las minas de Las Gramas, al otro lado del valle, aunque de menores dimensiones que la mina San Luis, se encuentran en mejor estado de conservación, pudiéndose apreciar bien la evolución de las labores típicas de la zona: inicio en zanja de 10 metros de recorrido, 3 de ancho y hasta 5 metros de altura (Z3) y continuación subterránea mediante galerías (G2 y G3). Si bien, la zanja presenta un elevado peligro en la parte superior, en su acceso, no ofrece peligro alguno, siendo la entrada horizontal y estando las paredes completamente estables (Figura 123), al igual que las galerías. La galería G2 tiene un recorrido de 8 metros, una anchura de 2 metros y 2,2 metros de altura; la G3, de las mismas dimensiones pero tan solo 2 metros de profundidad. La zanja situada por encima sí muestra cierto grado de peligrosidad y escaso valor patrimonial. Junto a ella se localizan dos escombreras (Figura 124 y Tabla 24).



Figura 123: Zanja y galería principal de las labores situadas en la parte baja de la Canal de San Luis, frente a Las Gramas.

Cabe destacar la panorámica que desde estas labores se tiene de las minas de Las Gramas, de Altaiz y de Peña Vieja. La superficie aproximada de las labores es de 640 m², para la parte baja de la Canal.

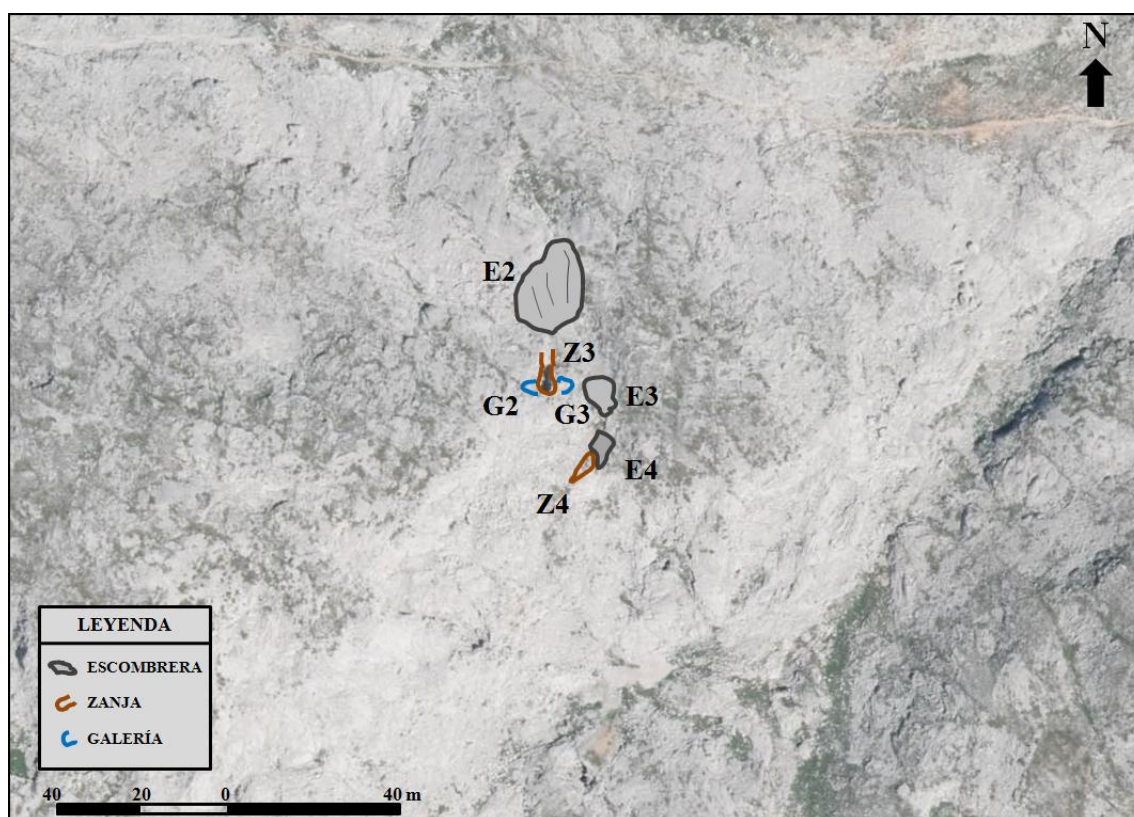


Figura 124: Situación de los restos mineros de la parte baja de la Canal de San Luis.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E2			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
	E3			NO	BAJO			BAJO	
	E4			NO	BAJO			BAJO	RELLENO EN Z4
ZANJAS	Z3	NO	NO		MUY ALTO		MINEROS	ALTO	
	Z4	NO	NO		MEDIO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
GALERÍAS	G2	NO	NO		BAJO	BUENO	MINEROS	MEDIO	
	G3	NO	NO		BAJO	BUENO	MINEROS	MEDIO	

Tabla 24: Elementos mineros de la Canal de San Luis, frente a Las Gramas. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

6.4. INVENTARIO DE LAS LABORES MINERAS DEL SECTOR DE ÁLIVA

6.4.1. GRUPO MINERO DE LA CANAL DEL VIDRIO

Son pequeñas labores situadas en la Canal del mismo nombre. La finalidad de estos trabajos fue principalmente prospectiva, dado que apenas se aprecian galerías. Por lo inaccesible del lugar se conservan las edificaciones mineras en muy buen estado. Debido a la pendiente elevada de la zona, representa un gran peligro para los visitantes, siendo un área solo transitada por montañeros experimentados, pues ésta es la ruta normal de ascenso al Pico de Peña Vieja (Figura 125).



Figura 125: Ascenso por la Canal del Vidrio. Al fondo, las labores mineras.

Las escombreras que deberían corresponder tanto a la galería G3 como a las relacionadas con la explosión de Kachinski se confunden con los depósitos periglaciares que se vierten por la Canal. Los restos de las excavaciones de dicha explosión (G1, G2 y P1) son apreciables desde la distancia, no siendo accesibles mediante camino en la actualidad.

La principal labor del grupo se localiza junto al casetón superior (ED4) y corresponde a una zanja que termina en unas galerías (G3). En la edificación se conserva en óptimas condiciones el habitáculo donde vivían los mineros.

Cabe destacar el polvorín (ED3, Figura 126), en buen estado de conservación y los restos del cable que servía para el descenso del material (ED1 y ED2, Figura 127), muy afectados por los desprendimientos que se producen en la Canal.



Figura 126: Polvorín en la base de la Canal del Vidrio (izquierda) y casetón para vivienda de los mineros (derecha).



Figura 127: Parte superior (izquierda) e inferior (derecha) del cable que servía para transportar el mineral de la parte superior de la Canal del Vidrio a la mina de Las Mánforas.

La situación de los elementos y su valoración se indican en la Figura 128 y la Tabla 25. La superficie aproximada de las labores es de 1400 m².

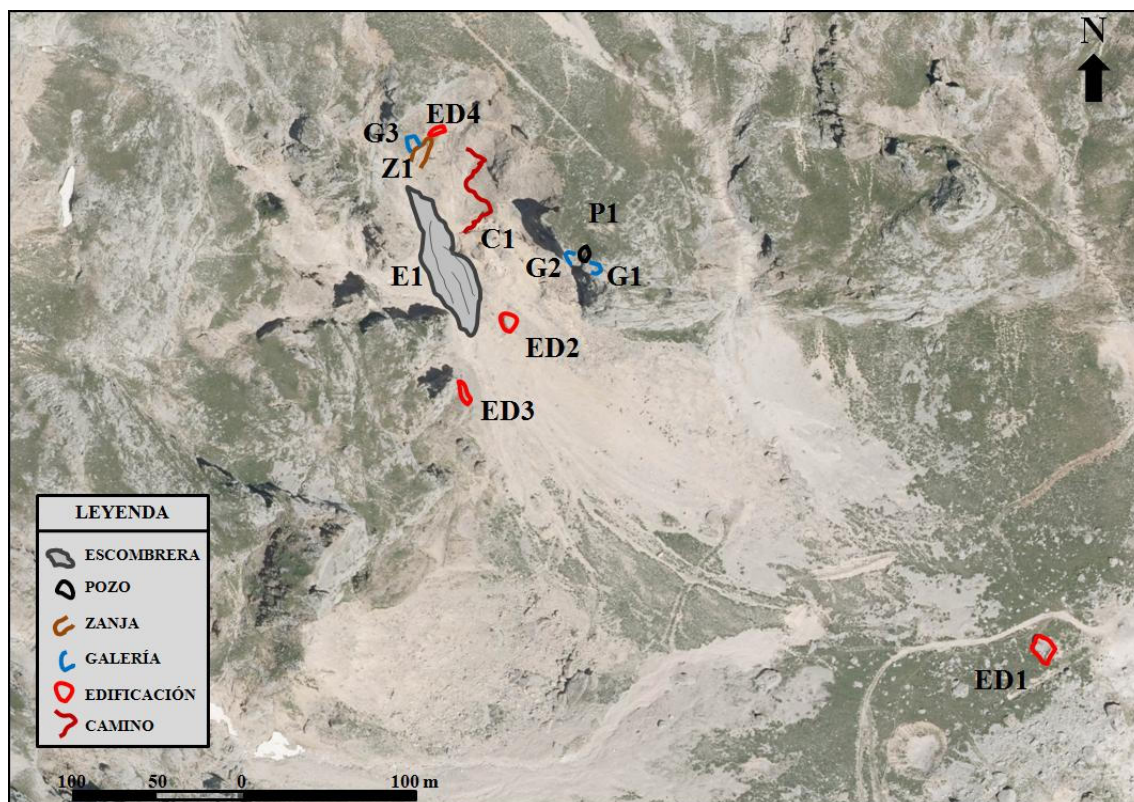


Figura 128: Situación de los elementos mineros en la Canal del Vidrio.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			NO	MEDIO		ELEM. MIN.	BAJO	SE CONFUNDE CON EL COLUVIAL
ZANJAS	Z1	NO	NO		MEDIO		LITOLOGIA	MEDIO	PRESENCIA DE GALENA
GALERÍAS	G1	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	SE OBSERVA A DISTANCIA
	G2	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	SE OBSERVA A DISTANCIA
	G3	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	
POZOS	P1	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	MEDIO	SE OBSERVA A DISTANCIA
EDIFICACIONES	ED1		NO		BAJO	RUINOSO	MINEROS	MEDIO	
	ED2		NO		BAJO	RUINOSO	MINEROS	ALTO	
	ED3		NO		BAJO	BUENO	MINEROS	ALTO	
	ED4		NO		ALTO	EXCELENTE	MINEROS	ALTO	
CAMINO	C1		NO		ALTO	EXCELENTE	MINEROS	MEDIO	

Tabla 25: Elementos mineros en la Canal del Vidrio. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

6.4.2. GRUPO MINERO DE LAS MÁNFORAS

El grupo minero de Las Mánforas está dividido en dos labores; la principal, la Mina de Las Mánforas, está cerrada desde el verano del año 2009, por lo que el inventario se ha centrado en los vestigios exteriores correspondientes a los habitáculos de viviendas, plantas de tratamiento, infraestructuras de transportes, afloramientos y escombreras. En la parte superior del dique, sobre un promontorio calizo, se localizan unas interesantes labores formadas por grandes cámaras y galerías correspondientes a la mina Providencia.

Mina Providencia

Las labores de la mina Providencia son una serie de zanjas galerías y pozos que conectan con una zona subterránea de cámaras y pilares con, al menos, dos niveles.

Se trata de una zona de elevada peligrosidad debido a los numerosos pozos y galerías que se localizan en la zona, así como a los escarpes naturales del promontorio calcáreo donde se emplaza la mineralización. Hay zonas de gran interés, como son algunos afloramientos, principalmente en el emboquille de la galería G9 (Figura 129) donde se observa la mineralización, así como el recorrido de interior al que se accede por la galería G5 con varios frentes de explotación.



Figura 129: Afloramiento y filón en el emboquille de la galería G9 de la Mina Providencia.

Se han contabilizado 5 escombreras, 4 socavones, 5 zanjas, 10 galerías y 10 pozos y se han identificado algunos puntos de interés minero (Figura 130 y Tabla 26). Los pozos P4, P5 y P6 cuentan con un vallado perimetral que los rodea, así como el pozo P7. La superficie afectada por las labores en la mina Providencia es de 11000 m².

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			SI	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	CUBIERTA POR FINOS
	E2			SI	BAJO		ELEM.MIN.	MEDIO	MUY DISPERSADA
	E3			SI	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	PRÓXIMA A POZOS
	E4			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	PRÓXIMA A POZOS
	E5			SI	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	PRÓXIMA A POZOS
ZANJAS	Z1	NO	NO		MEDIO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A E1
	Z2	NO	NO		BAJO		LITOLOGIA	BAJO	INCLUYE A P2
	Z3	NO	NO		ALTO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A E2
	Z4	NO	NO		ALTO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A E2
	Z5	NO	NO		ALTO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A E2
	Z6	NO	NO		MEDIO		LITOLOGIA	BAJO	CONEXIÓN CON P4
SOCAVONES	S1	NO	NO	NO	BAJO			BAJO	
	S2	NO	NO	SI	MEDIO			BAJO	POSIBLE INTERACCIÓN CON GALERÍAS
	S3	NO	NO	NO	MEDIO			BAJO	
	S4	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	SUMIDERO
GALERÍAS	G1	NO	NO		MEDIO		MINERO	BAJO	CONECTA CON UN POZO
	G2	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINERO	ALTO	20 M RECORRIDO
	G3	NO	NO		MEDIO	RUINOSO		BAJO	POSIBILIDAD DE CIERRE
	G4	NO	NO		BAJO	MALO	MINERO	BAJO	CASI COLAPSADA
	G5	NO	NO		ALTO	BUENO	MINERO	ALTO	
	G6	SI	NO		ALTO		MINERO	BAJO	GALERÍA EN ZANJA
	G7	NO	NO		MEDIO		MINERO	BAJO	
	G8	NO	NO		MUY ALTO	MALO	MINERO	BAJO	NIVEL INF. HUNDIDO
	G9	NO	NO		ALTO	BUENO	MINERO	ALTO	CALCITA ESPÁTICA
	G10	NO	NO		BAJO			BAJO	HUNDIDA
POZOS	P1	NO	NO		MEDIO-ALTO		MINERO	BAJO	PRÓXIMO A E2
	P2	NO	NO		BAJO			BAJO	RELLENO
	P3	NO	NO		BAJO			BAJO	RELLENO
	P4	NO	SI		BAJO		MINERO	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P5	NO	SI		BAJO		MINERO	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P6	NO	SI		BAJO		MINERO	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P7	NO	SI		BAJO		MINERO	ALTO	VALLADO CORRECTO
	P8	NO	NO		MUY ALTO		MINERO	BAJO	
	P9	NO	NO		MUY ALTO		MINERO	BAJO	
	P10	NO	NO		ALTO		MINERO	MEDIO	ZONA RECORRIDOS

Tabla 26: Elementos mineros de la mina Providencia. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

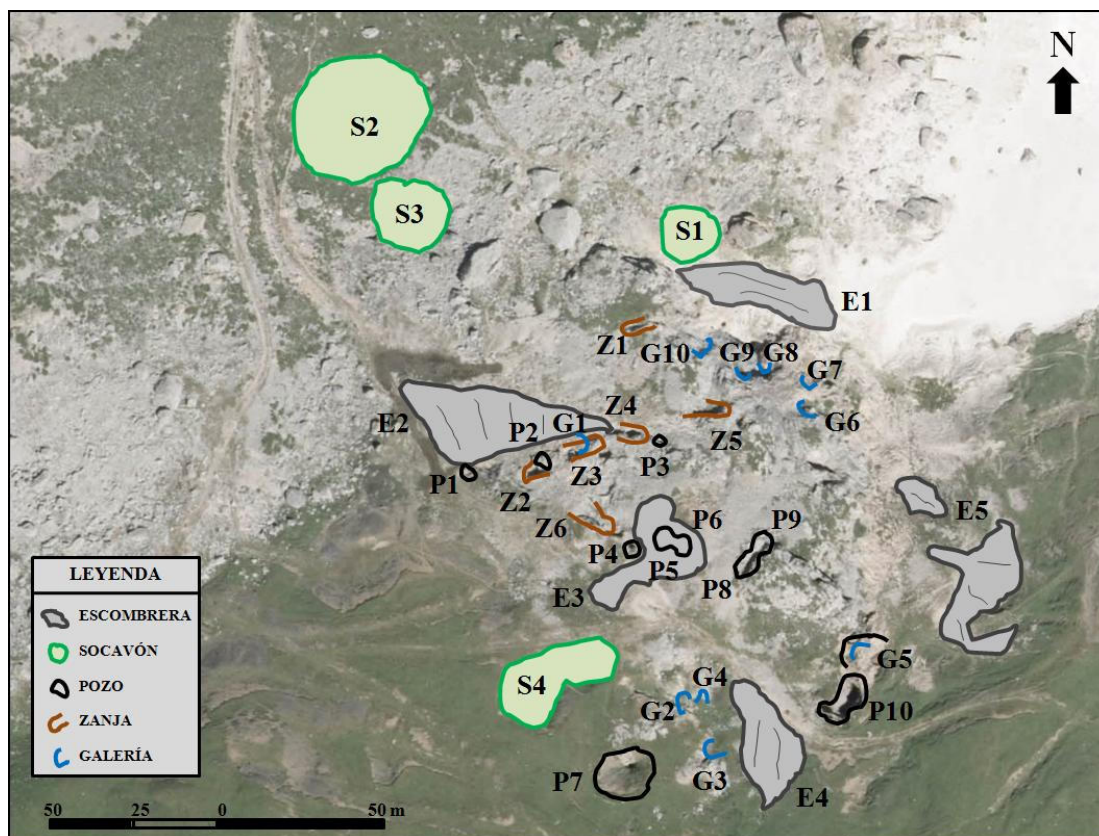


Figura 130: Situación de los restos mineros inventariados en la mina Providencia.

Las Mánforas

A la mina de Las Mánforas corresponden las edificaciones del nacimiento del río Duje, el gran dique de estériles, las escombreras y vertederos esparcidos por esa área. El acceso a las labores de interior se encuentra hoy en día clausurado por los técnicos del Parque por motivos de seguridad.

En total, se han inventariado 2 escombreras (incluyendo el dique de estériles), 1 galería y 11 edificaciones (se incluye como edificación la plataforma de los sondeos de exploración en la base del cordal de Juan de la Cuadra) como se refleja en la Figura 136 y la Tabla 27. Cuando se llega a la explanada entre los edificios (Plaza de Áliva), las primeras construcciones que se encuentran hacia el norte son la nave auxiliar (ED1) que correspondía a la cantina, almacén y compresor y junto a él, la cubierta (ED2) para la bocamina principal (Figura 131). Junto a la

galería de acceso a la mina se localizan las cocinas, comedores y vestuarios y tras ellos las habitaciones de los mineros (ED3, Figura 132). Los respiraderos, hoy en día en mal estado, culminaban con una vagoneta invertida.



Figura 131: A la izquierda, nave auxiliar; a la derecha, acceso a la mina de Las Mánforas, en mayo de 2008, previo al cierre definitivo.



Figura 132: Dependencias, vestuarios y habitaciones de los mineros de la mina de Las Mánforas en mayo de 2008 (ED3): cocina (A), vestuario (B), comedor (C), escalera de subida a las habitaciones (D), habitación (E) y baños (F).

En la parte posterior de estos edificios, están los restos de la tolva de descarga (ED5), así como los despachos, y la enfermería (ED4). Junto a ellos, los restos esparcidos de los talleres mecánicos y de las oficinas de los que apenas quedan restos en pie (ED10). Ya hacia el dique de estériles, nos encontramos con los restos de la gran estructura que era la zona de procesamiento de mineral, de la que se conservan principalmente la planta de tratamiento (ED8) y la zona de salida del concentrado (ED9), como se aprecia en la Figura 133.

Resulta significativo que después de tantos años sigan estando en buen estado de conservación las construcciones ED1, ED2, ED3 y ED8. En la parte occidental del dique de estériles existe un casetón del que se conserva tan solo las paredes (ED6).



Figura 133: Planta de tratamiento de la mina de Las Mánforas. A la izquierda, el almacén; a la derecha, las celdas de flotación.

En la base de Juan de la Cuadra se localiza una plataforma donde se aprecian los orificios de las perforaciones de exploración que se realizaron en las campañas de investigación de los años 70 del siglo XX y desde donde se tiene una vista excepcional del grupo minero de Las Mánforas (Figura 134).



Figura 134: Sondeos de exploración y panorámica desde la plataforma donde están realizados en la base del cordal de Juan de la Cuadra.

Lo más llamativo para aquel que se acerca hasta Áliva es sin duda el dique de estériles: una gran masa blanca formada por los materiales de desecho tras el proceso de tratamiento por flotación de la galena y la esfalerita de la mena mineral. Se denominan estériles, porque no son beneficiables, el resto de minerales como la pirita u otros sulfuros y minerales secundarios, así como un cierto porcentaje de rechazo de la galena y la esfalerita. La nieve, la lluvia y el viento hacen que cada año sea mayor la superficie cubierta por los finos del dique, esparciéndose los materiales por las zonas cercanas. En el año 2000, las dimensiones de la balsa eran de 185 metros de longitud y una anchura máxima de 110 metros y mínima de 75 (Gutiérrez y Luque 2000). En el año 2015, la longitud según el eje mayor de la balsa, estimada mediante cartografía Sigpac es cercana a los 300 metros. En ese año 2000 se estimaba que contenía unas 600.000 toneladas de materiales estériles. Además de estos materiales blanquecinos, se observan franjas de color oscuro, que son los concentrados de minerales metálicos que no han podido extraerse en el proceso (cabe recordar que ningún proceso mineralúrgico extrae el 100% de la mena).

Aguas abajo de la galería de acceso a la mina se localiza una escombrera de algo más de 100 metros de longitud y unos 30 de ancho, cuyas funciones no solo eran de mera acumulación de escombros de la mina, sino que a su vez servía de vertedero en la vida cotidiana de las labores, muestra de lo cual son la gran cantidad de desechos metálicos, vidrios y demás restos de enseres que se encuentran en esta zona (Figura 135).



Figura 135: A: escombrera en la zona oriental de las labores. B: escombros en la zona de los antiguos talleres mecánicos y oficinas. C: dique de estériles. D: niveles metálicos en el dique de estériles. Mina de Las Mánforas.

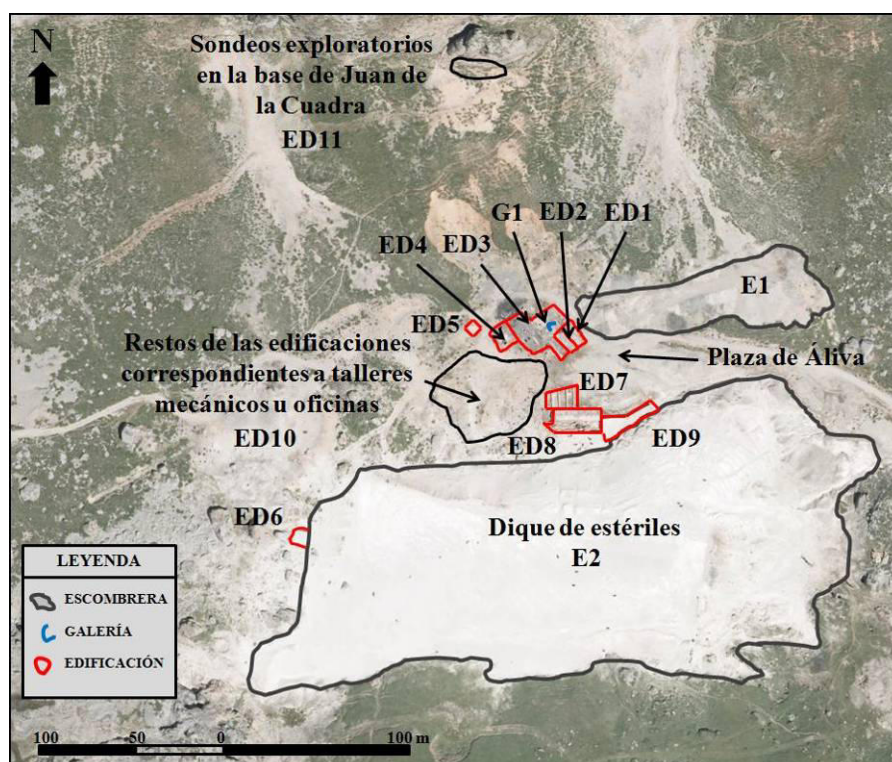


Figura 136: Situación de los restos mineros inventariados en la mina Las Mánforas.

La superficie afectada por estas labores es de 55000 m², de los cuales algo más de 30000 corresponde al dique de estériles.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			SI	MEDIO		MINEROS	MEDIO	VERTIDOS
	E2			NO	ALTO?		MINEROS	MEDIO	DIQUE DE ESTÉRILES
GALERÍAS	G1	NO	SI		BAJO	BUENO	VARIOS	MUY ALTO	
EDIFICACIONES	ED1				BAJO	BUENO	MINEROS	ALTO	
	ED2				BAJO	BUENO	MINEROS	MUY ALTO	ACCESO G1
	ED3				MEDIO	BUENO	MINEROS	MUY ALTO	VESTUARIOS Y HABITACIONES
	ED4				MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	ALTO	
	ED5				MEDIO	RUINOSO	MINEROS	MEDIO	
	ED6				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	CASETA
	ED7				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	
	ED8				MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	MUY ALTO	PLANTA TRATAMIENTO
	ED9				BAJO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	CONTIENE UNA PLACA
	ED10				BAJO	IRRECUPERABLE	MINEROS	BAJO	ESCOMBROS DISPERSOS
	ED11				BAJO	BUENO	MINEROS	ALTO	SONDEOS INVESTIGACIÓN

Tabla 27: Elementos mineros de la mina Las Mánforas. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

Como se ha indicado, en la zona se localizan una cantidad de residuos de la mina, tanto deshechos comunes, como bidones y restos de raíles y entibados. Se ha considerado a estos elementos con valor patrimonial bajo, o nulo, y como contaminantes en el aspecto tanto visual como en el ambiental.

Por último, reseñar la existencia de una placa situada al final de la salida de la planta de concentrado en homenaje a un minero fallecido (Figura 137).



Figura 137: Placa en recuerdo a José Fernández López.

6.4.3. GRUPO MINERO DEL DUJE

A este grupo corresponden 10 labores mineras. Por criterios de proximidad entre ellas, a la hora de hacer el inventario, se las ha agrupado en 6 labores: Zulema-Bat-Manolita, Ambasaguas, Inés, Resalado, Berto-Piomorena y Rosario-Poquito.

Labores Zulema, Bat y Manolita

Son las labores más próximas a la mina de Las Mánforas, constituidas principalmente por galerías y pozos (Figura 138). La explotación principal, situada en las labores Zulema es la mina Almanzora, que se analizará en el capítulo de exploración de minas subterráneas, con 3 niveles, siendo después de la mina de Las Mánforas, la mayor explotación subterránea del Macizo Central.



Figura 138: A: Labores Bat. B: labores Manolita.

Se han identificado un total de 16 escombreras, 3 zanjas, 1 socavón, 17 galerías, 21 pozos, dos afloramientos y cuatro edificaciones (Figura 139 y Tabla 28).

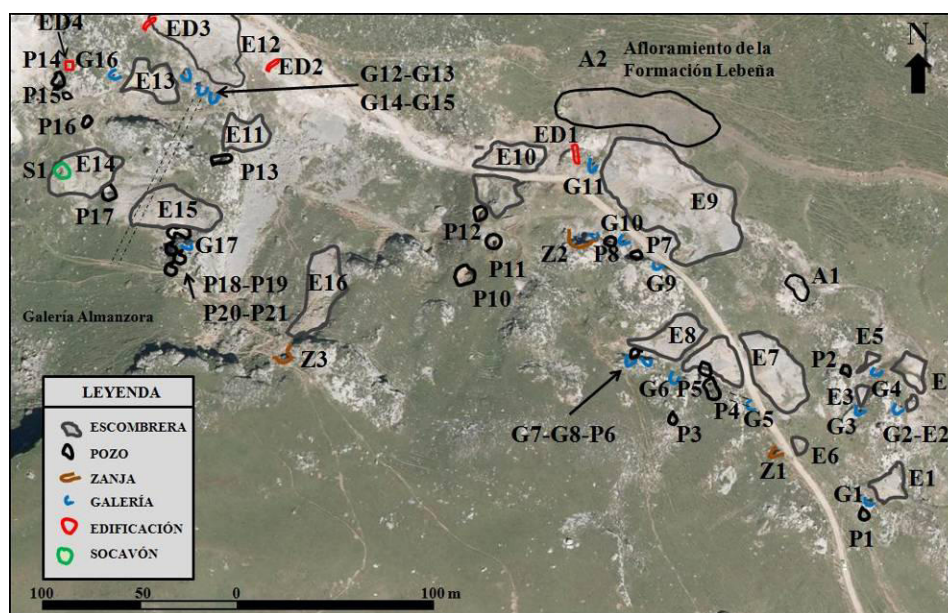


Figura 139: Situación de los restos mineros de las labores Zulema-Bat-Manolita.

En las 16 escombreras identificadas, no se aprecia ninguna que destaque por la presencia de minerales especialmente significativos. Algunas, principalmente en el sector suroriental de las labores (Manolita), están bastante colonizadas por la vegetación, seguramente debido a que fueron las primeras que dejaron de explotarse en el sector. La E6 se encuentra completamente cubierta por vegetación. Dada la proximidad a algunas cavidades, existe la posibilidad de que pudieran ser utilizadas para el relleno de las mismas.

Las galerías tienen mayor recorrido en la zona de Zulema, donde encontramos la mina principal (Almanzora). En la zona de Bat destaca el conjunto de labores conformado por las galerías G9 y G10 (realmente son un conjunto de accesos que dan paso a un recorrido subterráneo de cierta entidad, con conexión con los pozos P7 y P8), en la que se aprecian algunas zonas mineralizadas, constituidas principalmente por calcita y esfalerita. En Manolita, el principal trabajo subterráneo es la galería G5 que tras un acceso en rampa comunica con una zona de cámaras y pilares inclinada. La zona mineralizada tiene un buzamiento de 45 grados con un final que comunica mediante realces con el pozo P4. En profundidad continúan los trabajos, probablemente con alguna conexión con las galerías inferiores próximas al cauce del río Duje.

Los pozos de estas minas presentan el mayor riesgo de la zona, motivo por el cual es el área donde se han realizado la mayoría de las intervenciones por parte de las autoridades del Parque. Los cierres perimetrales han sido realizados con espacio suficiente como para prever mayores ensanchamientos de los pozos, por lo que han sido medidas acertadas. Sin embargo, en algunos puntos los cierres de galerías y pozos adosados a paredes, las medidas contempladas no mitigan totalmente el riesgo de caídas (Figuras 140 y 141). Debe entenderse por tanto que algunos de estos cierres son insuficientes para garantizar la seguridad.



Figura 140: Medidas de seguridad realizadas correctamente en los pozos de las labores Zulema-Bat-Manolita: A: vallado perimetral. B: reja de seguridad sobre estructura de hormigón. C y D vallados perimetrales

En lo que concierne a las edificaciones, en esta zona se localizan una serie de represas en el río, de las cuales solo una de ellas, ED1 se encuentra en buen estado. Además, en la zona próxima a Las Mánforas, junto a P15 se localizan los restos de un antiguo casetón. Es interesante la sala que se sitúa en uno de los accesos a la mina Almanzora, en la que además de unos muros de piedra a modo de sostenimiento, existe una estructura de hormigón junto a unas perforaciones en la pared. Podría tratarse de la estructura para una máquina de perforación para exploraciones.

En el camino que conduce a las labores Inés se encuentra uno de los mejores afloramientos de la Formación Lebeña (A2) que se puede apreciar en el área de estudio (Figura 142).



Figura 141: Medidas de seguridad insuficientes en las labores Zulema-Bat-Manolita. A y B, vallado perimetral incompleto. C y D anclajes con spit en pared para cierre de galería y pozos. Ninguna de estas soluciones impide las caídas.



Figura 142: Afloramiento de la Formación Lebeña (A2), al inicio del camino a las labores Inés.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN G1 Y G2
	E2			SI	BAJO			BAJO	REVEGETADA 50 %
	E3			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN G3
	E4			SI	BAJO			BAJO	REVEGETADA 50 %
	E5			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	
	E6			SI	BAJO			BAJO	RECUPERADA
	E7			SI	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P5
	E8			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P5
	E9			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	CAUCE RIO DUJE
	E10			SI	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	REVEGETADA 50 %
	E11			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P11
	E12			SI	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	ACUMULACIÓN DE FINOS
	E13			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	ACUMULACIÓN DE FINOS
	E14			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO EN P17
	E15			SI	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	
	E16			SI	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	
ZANJAS	Z1	SI	NO		BAJO		MINEROS	BAJO	3 METROS DE RECORRIDO
	Z2		NO		ALTO		MINEROS	MEDIO	CONTIENE P9
	Z3		NO		ALTO		VARIOS	MEDIO	AFLORAMIENTO ESFALERITA
SOCAVONES	S1		NO	SI	BAJO			BAJO	REVEGETADO
GALERÍAS	G1	NO	NO		MEDIO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G2	NO	NO		MEDIO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G3	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G4	SI	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	FILTRACIONES DE AGUA
	G5	SI	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO INTERIOR
	G6	NO	SI		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	PROTECCIÓN NO APROPIADA
	G7	NO	SI		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	PROTECCIÓN NO APROPIADA
	G8	NO	SI		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	PROTECCIÓN NO APROPIADA
	G9	NO	SI		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	PROTECCIÓN NO APROPIADA
	G10	NO	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	G11	SI	NO		BAJO	BUENO	MINEROS	BAJO	FILTRACIONES DE AGUA
	G12	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	MUY ALTO	GALERÍA ALMANZORA
	G13	NO	NO		BAJO	BUENO	MINEROS	ALTO	MURO INTERIOR
	G14	NO	NO		MEDIO	BUENO	VARIOS	MUY ALTO	GALERÍA ALMANZORA
	G15	NO	NO		MEDIO	BUENO	VARIOS	MUY ALTO	GALERÍA ALMANZORA
	G16	NO	NO		BAJO	BUENO	VARIOS	BAJO	COLMATADA DE FINOS
	G17	NO	SI		MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO INTERIOR
POZOS	P1	NO	SI		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P2	NO	SI		BAJO	BUENO	MINEROS	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P3	NO	SI		BAJO			BAJO	REJILLA DE SEGURIDAD
	P4	NO	SI		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PROTECCIÓN NO APROPIADA
	P5	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	P6	NO	SI		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PROTECCIÓN NO APROPIADA
	P7	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	DENTRO DE Z1
	P8	NO	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	P9	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	DENTRO DE Z2
	P10	NO	SI		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P11	NO	SI		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P12	NO	SI		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P13	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	P14	NO	NO		MUY ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	RECORRIDO INTERIOR
	P15	NO	NO		MUY ALTO	RUINOSO	MINEROS	MEDIO	VERTIDOS EN EL INTERIOR
	P16	NO	NO		ALTO			BAJO	HUNDIMIENTO
	P17	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	P18	NO	SI		BAJO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	VALLADO CORRECTO
	P19	NO	SI		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P20	NO	SI		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P21	NO	SI		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	VALLADO CORRECTO
AFLORAMIENTOS	A1				BAJO		ELEM.MIN.	MEDIO	ESFALERITA
	A2				BAJO		LITOLOGÍA	MUY ALTO	FORMACIÓN LEBEÑA
EDIFICACIONES	ED1				BAJO	BUENO	MINEROS	MEDIO	DIQUE EN EL RÍO DUJE
	ED2				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	DIQUE EN EL RÍO DUJE
	ED3				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	DIQUE EN EL RÍO DUJE
	ED4				BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	CASETÓN DERRUIDO

Tabla 28: Elementos mineros de las labores Zulema-Bat-Manolita. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

Cabe destacar la presencia de residuos de la mina, principalmente en las labores Zulema, encontrándose el pozo P15 con restos metálicos y vertidos, así como los finos del dique de estériles que se filtran por este pozo (Figura 143). También se ha identificado la salida de los finos por galerías situadas aguas abajo (principalmente en la galería G16 que se encuentra casi totalmente colmatada), evidenciándose la filtración de los mismos y la conexión mediante fracturas o pequeñas cavidades (ya que se trata de labores diferentes sin conexión antrópica). La superficie afectada por las labores es de 16000 m².



Figura 143: Pozo P15 con basura en su interior y finos depositados aguas abajo del dique de estériles de la mina de Las Mánforas.

Labores Ambasaguas

Las labores Ambasaguas se localizan en un promontorio calizo de la Formación Picos de Europa situado sobre el cauce del río Duje, a escasos 200 metros al sur de las labores Inés (Figura 144).

Son, fundamentalmente, trabajos superficiales, de los que se conservan dos zanjas con una escombrera. Las labores excavadas presentan un riesgo bajo y un estado de conservación ruinoso (Figura 145 y Tabla 29).

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POSIBLE RELLENO Z1 Y Z2
ZANJAS	Z1	NO	NO		BAJO	RUINOSO	LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	Z2	NO	NO		BAJO	RUINOSO	LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS

Tabla 29: Elementos mineros de las labores Ambasaguas.



Figura 144: Situación de las labores Ambasaguas dentro del valle del río Duje.

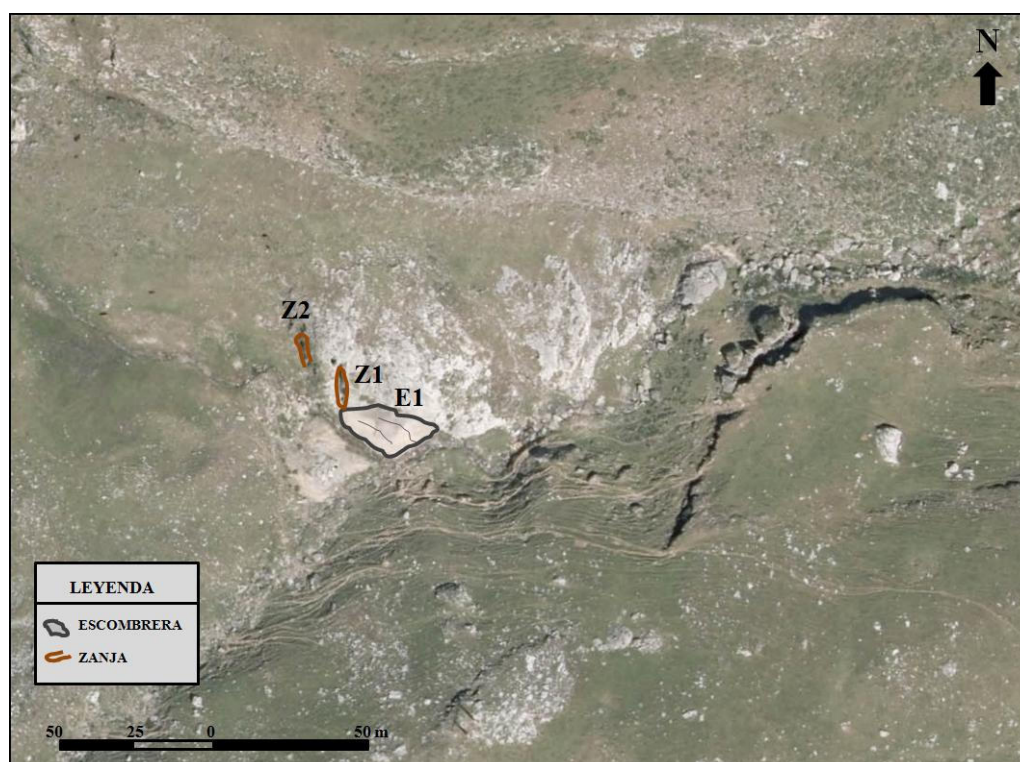


Figura 145: situación de los restos mineros de las labores Ambasaguas.

La superficie afectada por las labores es de 600 m².

Labores Inés

Se trata de una de las labores más interesantes desde el punto de vista patrimonial. Son trabajos superficiales, situados en unos afloramientos calizos (Figura 146), con grandes lapiaces, constituidos por zanjas (Figura 147) que en ocasiones continúan en profundidad mediante galerías, algunas de las cuales contienen pozos de ventilación. Se han inventariado 2 pozos, 5 galerías, 4 zanjas, 3 afloramientos y 9 escombreras (Figura 149 y Tabla 30).

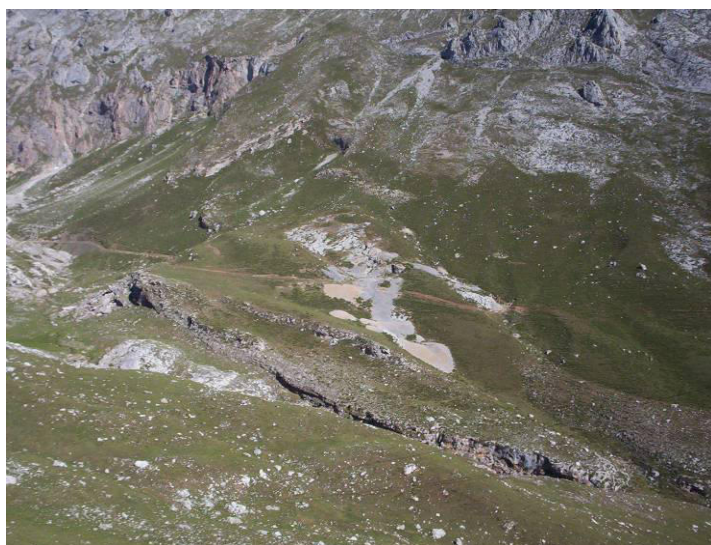


Figura 146: Panorámica de las labores Inés.



Figura 147: A: lapiaz en la parte superior de las labores mineras. B: excavación correspondiente a Z1. Labores Inés.

De los dos pozos (Figura 148), uno de ellos, el P1 se encuentra vallado (intervenciones del Parque del año 2009), con perfiles y 3 filas de cables. Se trata del colapso de una posible chimenea minera, de 2 m de diámetro. El pozo P2 conecta con la galería G2. Puede tratarse de una sima ensanchada ya que se aprecian pocas marcas de barrenos.



Figura 148: Pozos P1 (izquierda) y P2 (derecha) en las labores Inés.

En cuanto a las escombreras, se trata de la zona con más ejemplares de esfalerita y, de mejor calidad dentro del grupo minero de Áliva. Cabe destacar las escombreras E5 y E7 por los ejemplares de calcita espática y esfalerita. También se encuentran buenas muestras de sulfuros en las escombreras E3, E4, E6, E8 y E9. Estas cinco escombreras están parcialmente revegetadas. La E1 carece de muestras, tanto de minerales como de fósiles, y está cubierta de vegetación en más de un 50 %.

Los trabajos más destacables son las zanjas. La más importante es la Z1, que tiene decenas de metros de recorrido y de la que en su extremo norte parten dos galerías, de las cuales la G2 cuenta con un recorrido de interior en el que se aprecian pequeñas salas explotadas y zonas con muros de piedra de sujeción.

La superficie afectada por las labores es de 8000 m².

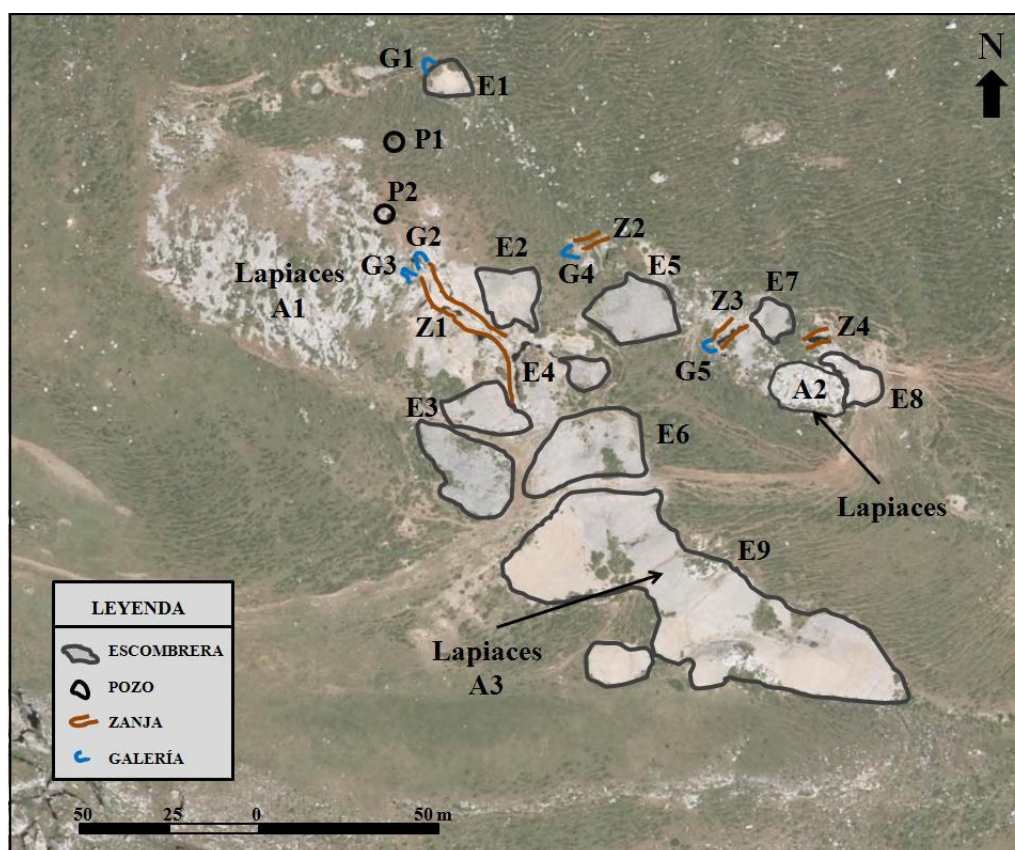


Figura 149: Situación de los restos mineros de las labores Inés.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	ZONA REVEGETADA
	E2			NO	BAJO		PALEONT.	ALTO	CRINOIDES
	E3			SI	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	ESFALERITA
	E4			SI	BAJO		ELEM. MIN.	ALTO	ESFALERITA
	E5			NO	BAJO		ELEM. MIN.	ALTO	CALCITA-ESFALERITA
	E6			SI	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	ESFALERITA
	E7			SI	BAJO		ELEM. MIN.	ALTO	ESFALERITA
	E8			SI	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	ESFALERITA
	E9			SI	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	ESFALERITA
ZANJAS	Z1	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	ALTO	DECENAS DE METROS
	Z2	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	MARCAS BARRENOS
	Z3	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	10 M RECORRIDO
	Z4	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	GALERIA AL FONDO
GALERÍAS	G1	NO	NO		BAJO	IRRECUPERABLE	MINEROS	BAJO	COLAPSADA
	G2	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	G3	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	G4	NO	NO		BAJO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	COLAPSADA
	G5	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	3 M RECORRIDO
POZOS	P1	NO	SI		BAJO	RUINOSO		BAJO	VALLADO CORRECTO
	P2	NO	NO		MUY ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	COMUNICA CON G2
AFLORAMIENTOS	A1				BAJO-MEDIO	BUENO	LITOLOGÍA	MEDIO	LAPIAZ
	A2				BAJO-MEDIO	BUENO	LITOLOGÍA	MEDIO	LAPIAZ
	A3				BAJO	BUENO	LITOLOGÍA	BAJO	LAPIAZ

Tabla 30: Elementos mineros de las labores Inés. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

Labores Resalado

Es una explotación de muy poca entidad sobre un afloramiento calizo, situadas en el arroyo homónimo. Los restos de las labores que se conservan (Figuras 150 y 151 y Tabla 31) son unos trabajos sobre el afloramiento. Se observa material removido en el cauce de lo que podría ser una antigua zanja situada 10 metros arriba de la escombrera E1.

De las dos escombreras que hay en la zona, la E2 parece ser material removido de una escombrera más antigua, seguramente situada aguas arriba, junto a las labores; contiene ejemplares de galena y esfalerita. Ambas se encuentran parcialmente cubiertas por vegetación. En el afloramiento se aprecian pequeños filones de galena.



Figura 150: A la izquierda, escombreras de las labores Resalado. A la derecha, cavidades kársticas junto al arroyo (al fondo, el Hotel-Refugio de Áliva).

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
	E2			SI	BAJO			BAJO	
AFLORAMIENTO	A1		NO		BAJO	RUINOSO	ELEM. MIN.	BAJO	

Tabla 31: Elementos mineros de las labores Resalado.

La superficie de las labores es de 300 m².

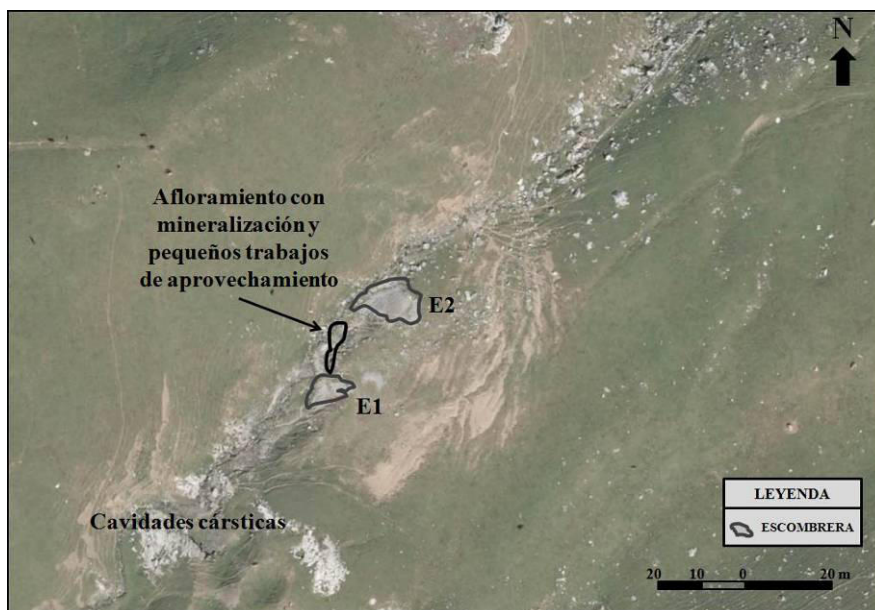


Figura 151: Situación de los restos mineros de las labores Resalado.

Labores Berto y Piemorena

Son unas labores pequeñas, formadas por zanjas, pozos y algunas galerías con cierto desarrollo en dirección SE-NO, que es el alineamiento general de las zonas mineralizadas, con una tendencia relativamente paralela a la falla del Duje (Figura 152).

El colapso interno en las galerías no permite recorrerlas en toda su extensión. La galería principal tiene unos 70 metros de longitud y es la que atraviesa varios pozos. Estos pozos podrían ser de ventilación, de acceso o, como en el caso del P4, un colapso de una dolina colmatada. En estas zonas de valle es frecuente el relleno natural de las simas con materiales provenientes de depósitos glaciares o bien coluvionares. Sin duda, es el elemento más destacable de estas labores.

Se han contabilizado un total de 15 escombreras, 9 socavones, 9 pozos, 2 zanjas y 8 galerías (Figura 153 y Tabla 32). Las escombreras presentan volumen suficiente y poco valor patrimonial por lo que podrían ser utilizadas para el relleno de galerías, pozos, zanjas y socavones. Se encuentran en parte con vegetación las escombreras E10, E11 y E14 y los

socavones S4, S5, S6, S8 y S9. De los 9 pozos inventariados, ya cuentan con algún tipo de intervención 5 de ellos por parte del Parque Nacional, considerándose en dos de ellos insuficiente dicha intervención; uno de ellos no evita el riesgo de caídas para visitantes (P3) y en el caso del P4 el colapso del relleno podría producir el ensanchamiento de la boca, llegando incluso a afectar al vallado perimetral del mismo. De los recorridos subterráneos, se ha realizado una exploración de las galerías accesibles, no habiéndose encontrado ningún elemento de interés destacable.



Figura 152: Panorámicas de las labores Berto y Piemorena desde el camino del Hotel-Refugio al Chalet Real. A la izquierda imagen tomada en 2015 con el vallado de los pozos P1 y P2 sobre la escombrera E4. A la derecha en 2010 antes de la intervención.

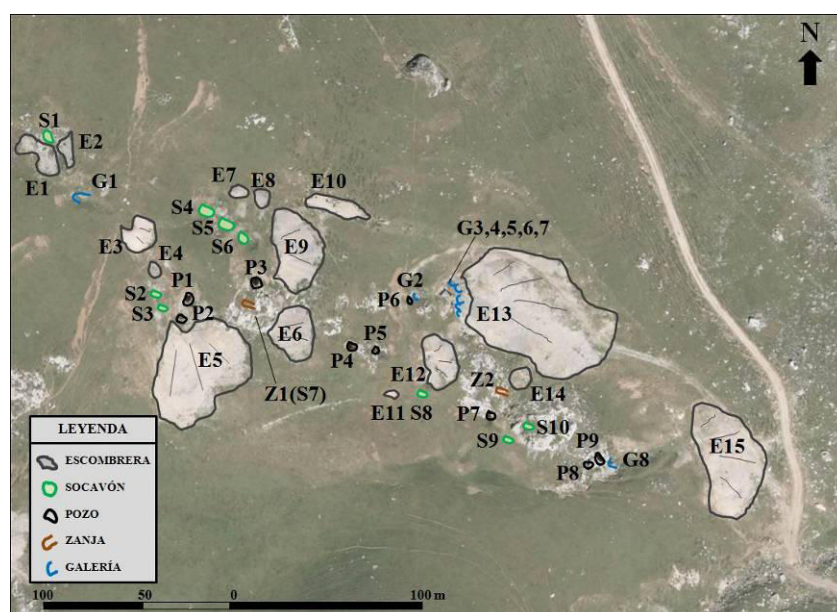


Figura 153: Situación de los restos mineros de las labores Berto y Piemorena.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN S1 Y G1
	E2			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN S1 Y G1
	E3			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN G1
	E4			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	ESCASAS DIMENSIONES
	E5			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN P1, P2, P3 y Z1
	E6			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	
	E7			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	ESCASAS DIMENSIONES
	E8			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	ESCASAS DIMENSIONES
	E9			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN P6 Y G2
	E10			SI	NULO			BAJO	
	E11			SI	NULO			BAJO	
	E12			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN P7
	E13			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN G3, G4, G4, G6, G7 Y G8
	E14			SI	BAJO			BAJO	
	E15			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN G8
ZANJAS	Z1	NO	NO		MUY ALTO		LITOLOGÍA	BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	Z2	NO	NO		MEDIO		LITOLOGÍA	BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
SOCAVONES	S1	NO	NO		ALTO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	S2	NO	NO		BAJO		LITOLOGÍA	BAJO	
	S3	NO	NO		BAJO		LITOLOGÍA	BAJO	
	S4	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S5	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S6	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S7	NO	NO		MEDIO		LITOLOGÍA	BAJO	EN EL INTERIOR Z1
	S8	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	S9	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S10	NO	NO		BAJO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
GALERÍAS	G1	NO	NO		ALTO		MINEROS	BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	G2	NO	NO		MEDIO	COLAPSADA	MINEROS	BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	G3	NO	NO		ALTO		MINEROS	MEDIO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	G4	NO	NO		BAJO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	G5	NO	NO		BAJO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	G6	NO	NO		BAJO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	G7	NO	NO		MEDIO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	G8	NO	NO		ALTO		MINEROS	ALTO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
POZOS	P1	NO	SI		BAJO	RUINOSO		BAJO	CON VALLADO RECIENTE
	P2	NO	NO		BAJO			BAJO	CON VALLADO RECIENTE
	P3	NO	SI		MEDIO			BAJO	CON VALLADO RECIENTE
	P4	NO	SI		MEDIO	BUENO	MULTIPLE	ALTO	CON VALLADO RECIENTE
	P5	NO	SI		BAJO			BAJO	CON VALLADO RECIENTE
	P6	NO	NO		MEDIO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	P7	NO	NO		MUY ALTO			BAJO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	P8	NO	NO		MUY ALTO		MINEROS	MEDIO	PROXIMO A ESCOMBRERAS
	P9	NO	NO		MUY ALTO		MINEROS	MEDIO	PROXIMO A ESCOMBRERAS

Tabla 32: Elementos mineros de las labores Berto y Piemorena. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad. En verde, los elementos con interés patrimonial.

En cuanto a la superficie de las explotaciones es de 8000 m² aproximadamente.

Labores Rosario y Poquito

Al igual que las labores Berto, son explotaciones mineras de pequeñas dimensiones (Figura 154) y con frentes de muy poco recorrido, en las que los vestigios de la actividad son de escaso tamaño. En general, el mayor peligro que presentan son los pozos y alguna de las zanjas que no tienen protección. En cuanto a valor patrimonial, no encontramos ningún elemento minero digno de destacar y tampoco hay estructuras geológicas notables.



Figura 154: Panorámica de las labores Rosario. La flecha indica la situación de la galería G1 y el pozo P1. Las labores Poquito están situadas por detrás de este promontorio calcáreo.

Se han contabilizado un total de 8 escombreras, 6 socavones, 7 pozos, 11 zanjas y 2 galerías (Figura 155 y Tabla 33). La mayor de las escombreras (E4), está prácticamente revegetada. Los socavones no presentan peligrosidad, siendo incluso menor el riesgo que el propio de los afloramientos rocosos (por las diferencias de cota y resaltes). En cuanto a las zanjas y pozos sí que hay en varios casos un riesgo alto de caída, con paredes superiores a 1,5 metros (límite puesto para el riesgo medio). Se ha intervenido por parte del Parque el pozo P1 y la zanja Z1, minimizando el riesgo de caídas en ambos elementos.

En cuanto a los recorridos subterráneos, se ha realizado una exploración de las galerías accesibles situadas en la parte sur de las labores, no encontrándose ningún elemento de interés a

destacar ni considerándose necesario un estudio de mayor detalle, ya que no parece existir posible riesgo de colapso en superficie.

La superficie de las explotaciones es de 3300 m² aproximadamente; la mayor parte corresponden a labores Rosario y unos pocos elementos en la parte nororiental a Poquito (Figura 156).

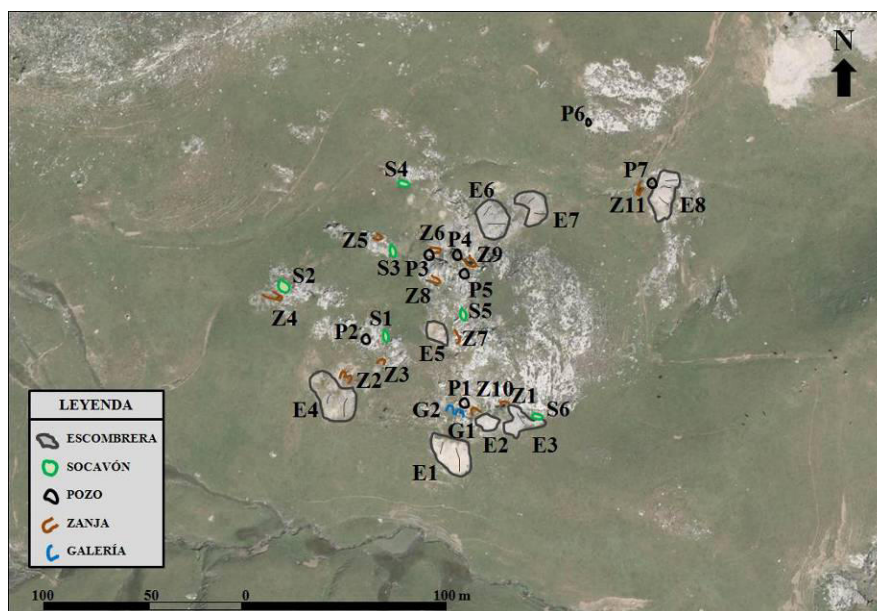


Figura 155: Situación de los restos mineros inventariados en las labores Rosario y Poquito (a esta última pertenecen los elementos P6, P7, Z11 y E8).



Figura 156: Labores Poquito, situadas al noroeste de las labores Rosario. Nótese el conjunto zanja y escombrera (extraída del hueco contiguo).

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOBRERA	E1			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN P1
	E2			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN Z1
	E3			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN Z1
	E4			SI	BAJO			BAJO	
	E5			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN Z7
	E6			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN P4, P5 y Z9
	E7			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN P5 y Z9
	E8			NO	BAJO		ELEM.MIN.	BAJO	RELLENO EN P7 y Z11
ZANJAS	Z1	NO	NO		BAJO		LITOLOGÍA	BAJO	VALLADO CORRECTO
	Z2	NO	NO		BAJO		LITOLOGÍA	BAJO	
	Z3	NO	NO		BAJO		LITOLOGÍA	BAJO	
	Z4	NO	NO		BAJO		LITOLOGÍA	BAJO	
	Z5	NO	NO		BAJO		LITOLOGÍA	BAJO	
	Z6	NO	NO		ALTO		LITOLOGÍA	BAJO	POZO INTERIOR
	Z7	NO	NO		MEDIO		LITOLOGÍA	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
	Z8	NO	NO		MEDIO		LITOLOGÍA	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
	Z9	NO	NO		MUY ALTO		LITOLOGÍA	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
	Z10	NO	NO		MEDIO		LITOLOGÍA	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
	Z11	NO	NO		ALTO		LITOLOGÍA	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
SOCAVONES	S1	NO	NO	SI	BAJO		LITOLOGÍA	BAJO	
	S2	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S3	NO	NO		BAJO			BAJO	
	S4	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S5	NO	NO		BAJO			BAJO	
	S6	NO	NO		BAJO			BAJO	
	S7	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S8	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S9	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
	S10	NO	NO	SI	BAJO			BAJO	
GALERÍAS	G1	NO	NO		MUY ALTO		MINERO	MEDIO	COMUNICA CON P1
	G2	NO	NO		MEDIO		MINERO	MEDIO	
POZOS	P1	NO	NO		BAJO		MINERO	BAJO	VALLADO CORRECTO
	P2	NO	NO		MUY ALTO		MINERO	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
	P3	NO	NO		ALTO		MINERO	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
	P4	NO	NO		ALTO		MINERO	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
	P5	NO	NO		ALTO		MINERO	BAJO	PROXIMO A ESCOMB.
	P6	SI	NO		MEDIO		MINERO	BAJO	POCO PROFUNDO
	P7	NO	NO		MEDIO		MINERO	BAJO	POCO PROFUNDO

Tabla 33: Elementos mineros de las labores Rosario y Poquito. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad y en verde, los elementos con valor patrimonial.

Además de las explotaciones encontramos acumulados en el socavón S4 restos de vertidos metálicos, sin ningún interés patrimonial (Figura 157).



Figura 157: Restos de vertidos en el socavón S4 de las labores Rosario.

Próximo a estas labores se localiza el Chalet Real de la empresa Asturiana de Zinc, S.A., el cual sigue estando en uso para los directivos de la compañía durante los meses de verano (Figura 158).



Figura 158: Chalet Real de la empresa AZSA, próximo a las labores Rosario.

6.4.4. GRUPO MINERO HORCADINA DE COVARROBRES

El grupo minero de Horcadina de Covarrobres, comprende decenas de pequeñas labores someras en una zona bastante amplia que va desde las inmediaciones del cordal de los Cuertos de Juan Toribio hasta casi la parte superior del Cable de Fuente Dé.

Se trata principalmente de trabajos de interior, con zanjas y galerías sin conexión (Figuras 159, 160 y Tabla 34). La mayoría de las 23 galerías identificadas se encuentran en perfecto estado, pudiendo realizarse los recorridos sin problemas de seguridad, destacando las galerías G2 y G6 en la parte oriental, G11 y G12 con más de 50 metros de recorrido y el conjunto formado por las galerías G18, G19 y G20.

Como se aprecia en los accesos a las galerías (en los que existen numerosos acopios de mineral), se explotaban principalmente las calaminas, por lo que es posible encontrar bastantes restos de sulfuros de cinc en las escombreras (que estos explotadores rechazaban). Las 9 zanjas inventariadas no presentan elementos destacables y, sin embargo, ofrecen un riesgo alto tanto para los excursionistas como para el ganado de la zona. Las escombreras en general cuentan con un grado de revegetación bastante bajo como se indica en la Tabla 34. La E6 y E24 presentan muestras de minerales representativas.

En cuanto a las edificaciones presentes, sin bien puede pensarse en un origen minero por su situación, no conservan vestigios que permitan identificar su uso concreto. Todas ellas parecen haber sido reconvertidas en tiempos posteriores al cierre de la actividad minera en corrales para ganado.

La superficie total afectada por las labores es de 10500 m² aproximadamente.



Figura 159: Trabajos mineros en Horcadina de Covarrobres.

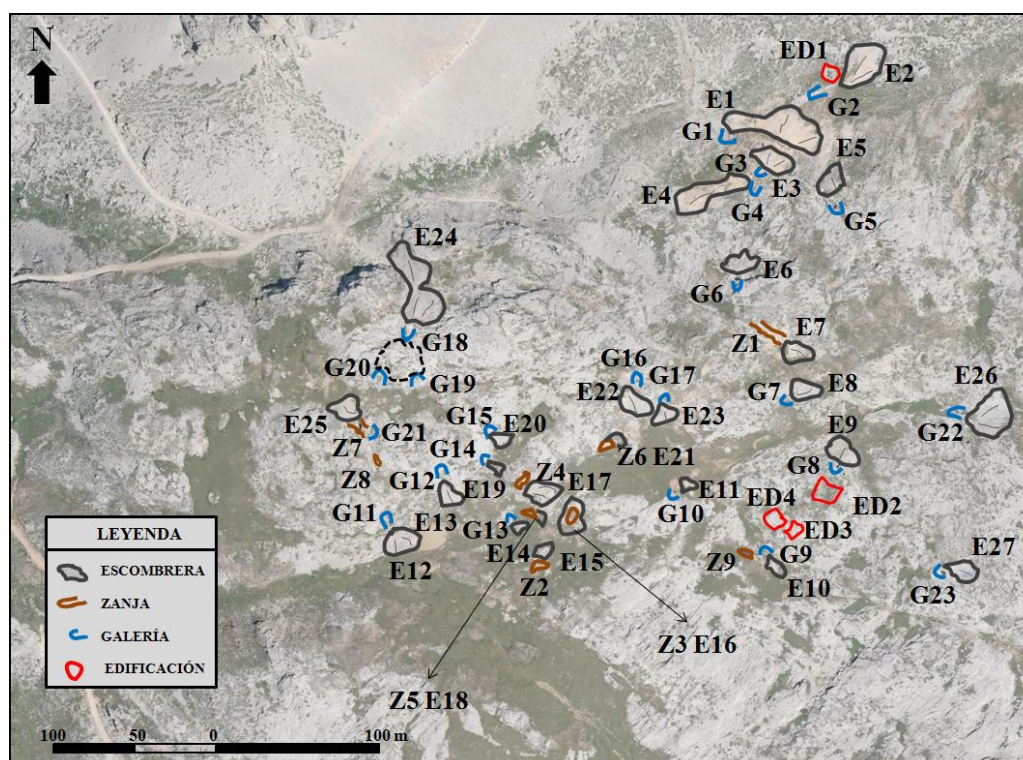


Figura 160: Situación de los restos mineros en el grupo minero de Horcadina de Covarrobres.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOBRERA	E1			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G1
	E2			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G2
	E3			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G3
	E4			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G4
	E5			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	POCO ESPESOR
	E6			NO	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	PRESENCIA MINERALES
	E7			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z1
	E8			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	CIERRE G7
	E9			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G8
	E10			SI	BAJO			BAJO	50% REVEGETADA
	E11			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z9
	E12			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	GRAN ESCOMBRERA
	E13			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	GRAN ESCOMBRERA
	E14			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z2
	E15			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	30% REVEGETADA
	E16			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z3
	E17			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z4
	E18			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z5
	E19			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G14
	E20			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G15
	E21			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z6
	E22			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G16
	E23			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G17
	E24			NO	BAJO		ELEM. MIN.	MEDIO	PRESENCIA MINERALES
	E25			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN Z7
	E26			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G22
	E27			NO	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	RELLENO EN G23
ZANJAS	Z1	NO	NO		ALTO		LITOLOGIA	BAJO	20 M RECORRIDO
	Z2	NO	NO		BAJO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	Z3	NO	NO		MEDIO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	Z4	NO	NO		MEDIO		ELEM. MIN.	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	Z5	NO	NO		MEDIO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	Z6	NO	NO		MEDIO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	Z7	NO	NO		ALTO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	Z8	NO	NO		BAJO		LITOLOGIA	BAJO	
	Z9	NO	NO		BAJO		LITOLOGIA	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
GALERÍAS	G1	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G2	NO	SI		MEDIO	BUENO	MINEROS	ALTO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G3	NO	NO		ALTO	BUENO	MINEROS	MEDIO	COLAPSO EN LA ENTRADA
	G4	NO	SI		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G5	NO	NO		BAJO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G6	SI	NO		MEDIO	RECUPERABLE	ELEM. MIN.	ALTO	AFLORAMIENTO
	G7	SI	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	ENTRADA EN ZANJA
	G8	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	POZO INTERIOR
	G9	NO	SI		MEDIO	BUENO	ELEM. MIN.	MEDIO	PRESENCIA DE GEODAS
	G10	NO	NO		ALTO	RECUPERABLE	LITOLOGIA	MEDIO	GALERÍA EN RAMPA
	G11	NO	SI		BAJO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	POSIBLE CIERRE CON BLOQUES
	G12	NO	NO		BAJO-MEDIO	BUENO	MINEROS	MEDIO	GALERÍA EN BUEN ESTADO
	G13	NO	NO		MEDIO	RUINOSO	MINEROS	BAJO	SEMIRELLENA
	G14	NO	NO		BAJO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	3 M DE RECORRIDO
	G15	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G16	NO	NO		MUY ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	CONECTA CON G17
	G17	NO	NO		MUY ALTO	RECUPERABLE	MINEROS	MEDIO	POZO INTERIOR
	G18	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	G19	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	G20	NO	NO		MEDIO	BUENO	MINEROS	ALTO	RECORRIDO INTERIOR
	G21	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINEROS	MEDIO	DENTRO DE Z7
	G22	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
	G23	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINEROS	BAJO	PRÓXIMO A ESCOMBRERAS
EDIFICIOS	ED1				BAJO	RUINOSO		BAJO	
	ED2				BAJO	RUINOSO		BAJO	
	ED3				BAJO	RUINOSO		BAJO	
	ED4				BAJO	RUINOSO		BAJO	

Tabla 34: Elementos mineros de Horcadina de Covarrobres. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad y en verde, los elementos con valor patrimonial.

6.4.5. MINA DE MARTA NAVARRA

Situadas en el extremo del cordal de Juan de la Cuadra, a una altura de 1880 metros, se encuentran estas pequeñas labores a las que se accede por un camino casi desaparecido hoy en día (Figura 161). Se trata de dos galerías con un recorrido de apenas veinte metros cada una, situadas en dos niveles, aunque sin conexión aparente entre ellas. A la galería inferior se accede por un pozo de casi 4 metros de diámetro y 3 metros de profundidad (Figura 162 y Tabla 35).

No presentan muestras interesantes de minerales ni en el interior ni en la escombrera (revegetada en un 30 %), situada en la base de las labores mineras. Los recorridos de interior tampoco son de gran interés didáctico ni científico al no contener vestigios de sostenimientos o frentes de explotación, ni apreciarse bien los filones. Las galerías tienen una orientación N-S.

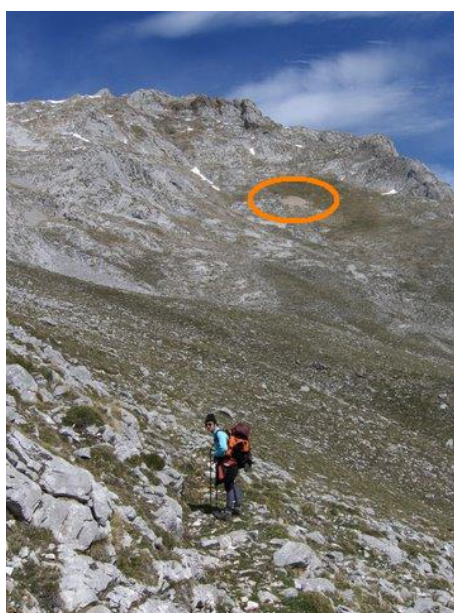


Figura 161: Ascenso a la Mina de Marta Navarra (marcada con la elipse naranja).

La superficie de explotación de estas minas es de 900 m², correspondiendo principalmente a las escombreras. Lo más destacable de esta mina es la vista que se tiene desde aquí de la morrena glaciar de la Llomba del Toro, como se aprecia en la Figura 163.

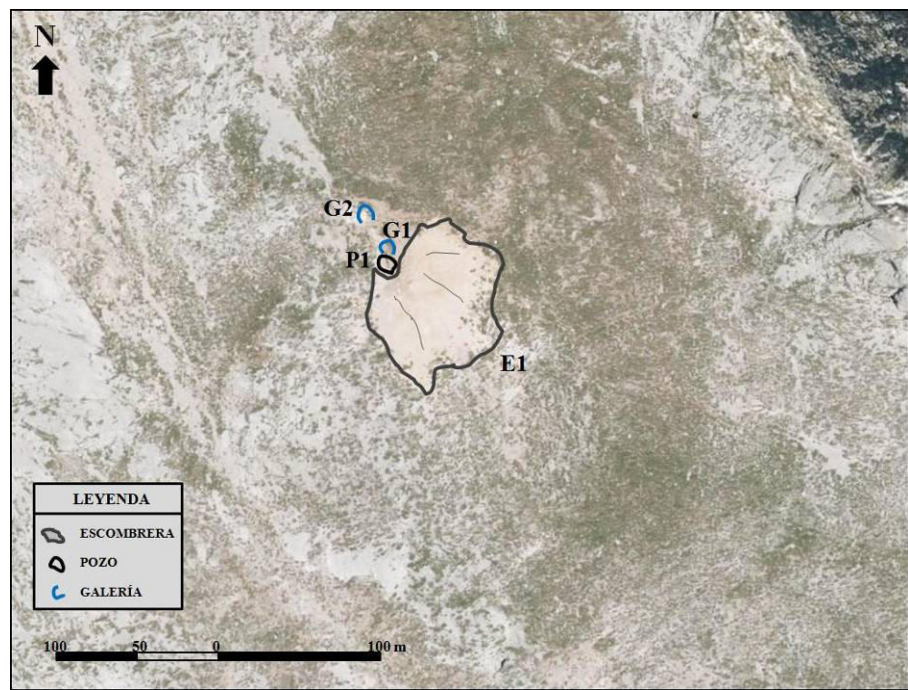


Figura 162: Elementos mineros de Marta Navarra.

ELEMENTO	CÓDIGO	AGUA	PROTECCIÓN	C. VEG.	V. RIESGO	CONSERVACIÓN	INT. PAT.	V. PAT.	OBSERVACIONES
ESCOMBRERA	E1			SI	BAJO		ELEM. MIN.	BAJO	
GALERÍAS	G1	NO	NO		MEDIO	RECUPERABLE	MINERO	MEDIO	
	G2	NO	NO		MEDIO	RUINOSO	MINERO	BAJO	
POZOS	P1	NO	NO		ALTO	RUINOSO	MINERO	BAJO	

Tabla 35: Elementos mineros de la mina Marta Navarra. En rojo, los elementos con mayor peligrosidad y en verde, los elementos con valor patrimonial.



Figura 163: Morrena glaciar de la Llomba del Toro desde las minas de Marta Navarra.

6.5. LISTADO DE ELEMENTOS GEOLÓGICOS Y MINEROS DE LAS LABORES MINERAS

Como se ha indicado, las labores mineras del Macizo Central están formadas por pequeños trabajos de escasa profundidad. Principalmente, se trabajaba a partir de los afloramientos superficiales en los que aparecían las calaminas o los sulfuros y se iban siguiendo en profundidad las vetas mineralizadas. Cuando estas se agotaban o adelgazaban se abandonaban los trabajos y se iniciaban otros en zonas cercanas. Algunos filones tuvieron la potencia suficiente para que hubiese minas de cierta entidad.

El resultado de esta práctica, es la gran cantidad de pozos, galerías y zanjas repartidas por buena parte del área de estudio, con sus correspondientes escombreras, y en las labores de mayor tamaño, edificaciones, bien a modo de viviendas, o ya en algunos casos plantas de tratamiento del mineral. El listado de estos elementos se refleja en la Tabla 36, así como la superficie total afectada por los elementos mineros. Se indican de igual manera los afloramientos que se sitúan en las propias labores o muy cercanos a ellas, así como los caminos de origen minero. Estos últimos no entran dentro de las medidas de superficie afectada, ya que se trata de caminos parcialmente modificados y utilizados actualmente como senderos turísticos.

	ESCOMBRERA	ZANJAS	SOCAVÓN	GALERÍAS	POZOS	EDIFICACIONES	CAMINO	AFLORAMIENTO	SUPERFICIE
FUENTE DÉ	3	1		4		4	1		7.500
GRAMAS	20	12		7	13	4	2		10.400
HOYO SIN TIERRA	2	1		4	3	2	1		3.500
ALTAIZ	5	2		6		3	1		6.000
SAN LUIS	1	2		1	2				1.000
CANAL DE SAN LUIS	4	2		2					640
CANAL DEL VIDRIO	1	1		3	1	4	1		1.400
PROVIDENCIA	5	6	4	10	10				11.000
LAS MANFORAS	2			1		11			55.000
ZULEMA-BAT-MANOLITA	16	3	1	17	21	4		2	16.000
AMBASAGUAS	1	2							600
INES	9	4		5	2			3	8.000
RESALADO	2							1	300
BERTO-PIEMORENA	15	2	10	8	9				8.080
ROSARIO-POQUITO	8	11	10	2	7				3.290
H. DE VOCAROBRES	27	9		23		4			10.500
MARTA NAVARRA	1			2	1				900
TOTAL	122	58	25	95	69	36	5	6	144.110

Tabla 36: Resumen de los elementos mineros de cada una de las labores inventariadas y superficie afectada por las mismas. El camino que se ha inventariado en el Hoyo sin Tierra coincide con el camino principal de Las Gramas, por eso la suma de caminos es 4 en lugar de 5.

En total se han inventariado 412 elementos entre los sectores mineros de Fuente Dé, Lloroza y Áliva, correspondiendo a los trabajos en superficie, zanjas, un total de 58 y los subterráneos, galerías y pozos, 164. Cabe destacar, que la mayor parte de los pozos son trabajos de profundización de otros superficiales, bien por motivos extractivos o exploratorios. La mayoría de las galerías tienen recorridos cortos, por lo que no era necesaria la realización de pozos de ventilación.

Por sectores mineros, sin duda el principal es el de Áliva, con 302 elementos inventariados frente a los 101 de Lloroza y 13 de Fuente Dé, y con una superficie afectada de 115.070 m² frente a 24.540 m² y 7.500 m² de Lloroza y Fuente Dé respectivamente, aunque casi el 50 % de la superficie del sector de Áliva corresponden a las infraestructuras y el dique de estériles de la mina de Las Mánforas.

En cuanto al riesgo de los elementos mineros, en las Tablas 37, 38 y 39 puede verse que en Fuente Dé hay 4 elementos con riesgo medio y uno muy alto, en Lloroza 15 elementos con riesgo medio, 23 altos y 11 muy altos mientras que en Áliva hay 61 de riesgo medio, 47 de riesgo alto y 22 muy alto. En las mismas tablas se resume el valor patrimonial estimado *in situ*, correspondiendo a Fuente Dé 5 elementos con valor medio y 2 muy alto, Lloroza 21 elementos con valor medio, 10 altos y 4 muy altos y en Áliva 59 de valor medio, 26 altos y 8 muy altos.

SECTOR MINERO	GRUPO O LABOR MINERA	ELEMENTO	Nº ELEM.	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO	VALOR PAT. MEDIO	VALOR PAT. ALTO	VALOR PAT. MUY ALTO
FUENTE DÉ	FUENTE DÉ	ESCOBRERA	3						
		ZANJA	1						
		GALERÍA	4	3			4		
		EDIFICACIÓN	4			1	1		2
		CAMINO	1	1					
		TOTAL	13	4	0	1	5	0	2

Tabla 37: Listado de elementos con riesgo medio, alto y muy alto y valor patrimonial medio, alto y muy alto del Sector Minero de Fuente Dé. En rojo, el total de elementos con riesgo y en verde, el total de elementos con valor patrimonial.

SECTOR MINERO	GRUPO O LABOR MINERA	ELEMENTO	Nº ELEM.	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO	VALOR PAT. MEDIO	VALOR PAT. ALTO	VALOR PAT. MUY ALTO
LLOROZA	G.M. LAS GRAMAS	ESCOBRERA	20		1		3	2	
		ZANJA	12	3			1		
		GALERÍA	7	3	1		4	1	1
		POZO	13		12	3	4	1	3
		EDIFICACIÓN	4		1		1		
		CAMINO	2					2	
		AFLORAMIENTO	1					1	
		TOTAL	59	6	15	3	13	7	4
	HOYO SIN TIERRA	ESCOBRERA	2						
		ZANJA	1						
		GALERÍA	4	1	1	1	3		
		POZO	3		1				
		EDIFICACIÓN	2						
		CAMINO	1					1	
		TOTAL	13*	1	2	1	3	1*	0
	G.M ALTAIZ	ESCOBRERA	5	1	1				
		ZANJA	2		1	1			
		GALERÍA	6	6		3	2		
		EDIFICACIÓN	3		1		1		
		CAMINO	1		1			1	
		TOTAL	17	7	4	4	3	1	0
	SAN LUIS	ESCOBRERA	1						
		ZANJA	2		1	1			
		GALERÍA	1						
		POZO	2		1	1			
		TOTAL	6	0	2	2	0	0	0
	CANAL DE SAN LUIS	ESCOBRERA	3						
		ZANJA	2	1		1		1	
		GALERÍA	2				2		
		TOTAL	7	1	0	1	2	1	0
TOTAL LLOROZA			102	15	23	11	21	10	4

Tabla 38: Listado de elementos con riesgo medio, alto y muy alto y valor patrimonial medio, alto y muy alto del Sector Minero de Lloroza. En rojo, el total de elementos con riesgo y en verde, el total de elementos con valor patrimonial.

SECTOR MINERO	GRUPO O LABOR MINERA	ELEMENTO	Nº ELEM.	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO	VALOR PAT. MEDIO	VALOR PAT. ALTO	VALOR PAT. MUY ALTO
ÁLIVA	G.M. CANAL DEL VIDRIO	ESCOBRERA	1	1					
		ZANJA	1	1			1		
		GALERÍA	3		3		1		
		POZO	1		1		1		
		EDIFICACIÓN	4		1		1	3	
		CAMINO	1		1		1		
		TOTAL	11	1	6	0	5	3	0
	PROVIDENCIA	ESCOBRERA	5				1		
		ZANJA	6	2	3				
		SOCAVÓN	4	2					
		GALERÍA	10	4	3	1		3	
		POZO	10		2	2	1	1	
		TOTAL	35	8	8	3	2	4	0
	LAS MÁNFORAS	ESCOBRERA	2	1	1		2		
		GALERÍA	1						1
		EDIFICACIÓN	11	4			2	3	3
		TOTAL	14	5	1	0	4	3	4
	LABORES ZULEMA, BAT Y MANOLITA	ESCOBRERA	16						
		ZANJA	3		2		2		
		SOCAVÓN	1						
		GALERÍA	17	11	3		7	2	3
		POZO	21	1	8	2	7	1	
		EDIFICACIÓN	4				1		
		AFLORAMIENTO	2				1		1
		TOTAL	64	12	13	2	18	3	4
	LABORES AMBASAGUAS	ESCOBRERA	1						
		ZANJA	2						
		TOTAL	3	0	0	0	0	0	0

Tabla 39: Listado de elementos con riesgo medio, alto y muy alto y valor patrimonial medio, alto y muy alto del Sector Minero de Áliva. En rojo, el total de elementos con riesgo y en verde, el total de elementos con valor patrimonial.

ÁLIVA	LABORES INÉS	ESCOBRERA	9				5	3	
		ZANJA	4	3	1		3	1	
		GALERÍA	5	3				2	
		POZO	2			1	1		
		AFLORAMIENTO	3				2		
		TOTAL	23	6	1	1	11	6	0
	LABORES RESALADO	ESCOBRERA	2						
		AFLORAMIENTO	1						
		TOTAL	3	0	0	0	0	0	0
	LABORES BERTO Y PIEMORENA	ESCOBRERA	15	0	0	0	0	0	0
		ZANJA	2	1	0	1	0	0	0
		SOCAVÓN	10	1	1	0	0	0	0
		GALERÍA	8	2	3	0	1	1	0
		POZO	9	1	0	8	2	1	0
		TOTAL	44	5	4	9	3	2	0
	LABORES ROSARIO Y POQUITO	ESCOBRERA	8						
		ZANJA	11	3	2	2			
		SOCAVÓN	10						
		GALERÍA	2	1		1	2		
		POZO	7	2	3	2			
		TOTAL	38	6	5	5	2	0	0
	G.M. HORCADINA DE COVARROBRES	ESCOBRERA	27				2		
		ZANJA	9	4	2				
		GALERÍA	23	12	6	2	11	5	
		EDIFICACIÓN	4						
		TOTAL	63	16	8	2	13	5	0
	G.M. MARTA NAVARRA	ESCOBRERA	1						
GALERÍA		2	2			1			
POZO		1		1					
TOTAL		4	2	1	0	1	0	0	
TOTAL ÁLIVA			302	61	47	22	59	26	8

Tabla 39 (continuación): Listado de elementos con riesgo medio, alto y muy alto y valor patrimonial medio, alto y muy alto del Sector Minero de Áliva. En rojo, el total de elementos con riesgo y en verde, el total de elementos con valor patrimonial.

7. ESTUDIO DE MINAS SUBTERRÁNEAS

7.1. EXPLORACIÓN DE LABORES SUBTERRÁNEAS

Durante los años 2008, 2009 y 2010 se realizaron las exploraciones de las principales labores subterráneas de los sectores de Fuente Dé, Lloroza y Áliva.

Se hizo el inventario de los elementos de interés y se seleccionaron aquellos recorridos, que bien por su contenido en elementos patrimoniales o por las condiciones de estabilidad podrían ser susceptibles de poner en valor y que fueron objeto de estudios posteriores, tanto topográficos como geotécnicos.

- En el sector de Fuente Dé se exploraron las partes subterráneas de 2 minas: galería en la vertical de la bifurcación a Liordes y la mina Ya Salió.
- En el sector de Lloroza se han explorado las partes subterráneas de 7 minas: mina de la Vueltona, Las Gramas Alta, Las Gramas Inferior, camino a Altaiz, galería G3 de Altaiz, galería G4 de Altaiz y minas de la Canal de San Luis, frente a Las Gramas.
- En el sector de Áliva se exploraron 6 minas: Providencia, Las Mánforas, Mina Almanzora, Mina Inés, Collado de Horcadina de Covarrobres y Marta Navarra.

7.1.1. EXPLORACIONES EN EL SECTOR DE FUENTE DÉ

Galería en la vertical de la bifurcación de Liordes (galería G1 de Fuente Dé)

Situada en la base de la pared del circo de Fuente Dé, a una cota de 1.293 metros se localiza una galería de exploración enteramente excavada en calizas en una zona en la que es dudosa la presencia de mineral. Durante el recorrido, de más de 400 metros de longitud, no se ha localizado ninguna zona mineralizada que haga pensar en la existencia de filones de esfalerita.

A escasos metros de la entrada, se localiza una sala de unos 7 metros de largo y 5 de ancho que también comunica con la parte exterior mediante cuatro bocas. La utilidad de esta zona bien podría servir de vivienda o de polvorín para la excavación del macizo.

A 50 metros de la boca, por la galería principal, existe una falla con un buzamiento de 30 grados y dirección de buzamiento, 340 grados, que corta la galería, aunque no se observa mineralización ni alteraciones asociadas a ella. A pocos metros, se abre una galería en el lateral izquierdo de apenas 5 metros de recorrido y a 25 metros de nuevo otra galería en el mismo flanco de 2 metros de largo (Figura 164).

La sección principal de la galería es de dos metros de altura y entre 1,40 y 1,80 metros de ancho, no apreciándose en la base bloques caídos ni signos de inestabilidad en los hastiales. Patrimonialmente no presentan gran interés, a excepción de la sala localizada en el acceso y la falla. En el hastial derecho se observan unos pernos, que seguramente servirían de sujeción para las tuberías de ventilación o del aire comprimido.



Figura 164: Galería exploratoria y polvorín /vivienda en la vertical de la bifurcación del camino a Liordes.

Mina Ya Salió (galerías G2, G3 y G4 de Fuente Dé)

En la vertical del teleférico actual, a 1.452 metros de altitud, encaramada en la gran pared del circo de Fuente Dé se localiza la mina Ya salió, la principal explotación del sector y que justificó la instalación de un cable para el transporte del mineral en mitad de este gran farallón. Los restos del mismo se sitúan a pocos metros de la galería G4.

Se trata de un recorrido en espiral, en el que se aprecian tanto trabajos de realces, que seguían las vetas mineralizadas, como una cámara inclinada con pilares de sujeción. Se observan al menos dos niveles mineralizados, uno superior al que se accede por la boca G2 con una dirección principal N347°E y con varios frentes a modo de realces (Figura 165).



Figura 165: Parte superior de la mina Ya Salió. Acceso G2 y zona de realces al final de la galería.

Por debajo de esta zona se encuentra la zona principal de explotación, una gran sala de 4,6 metros de altura, de la que parte un plano inclinado con una explotación a modo de cámaras y pilares. El acceso puede realizarse por la galería G3, situada unos metros por debajo de la

anterior. El plano termina actualmente en una zona inundada, que comunica con la parte inferior de las labores (galería G4). Esta galería está excavada principalmente en estéril y servía como galería de arrastre para la extracción del material hacia la parte superior del cable (Figura 166).

Como medida de seguridad, se han instalado unos cables con unos pernos al inicio del plano inclinado, en la zona más peligrosa de la mina. El resto del recorrido no presenta ninguna dificultad, ni riesgo alguno para las visitas. El nivel inferior se encuentra inundado, con una lámina de agua de cerca de 1,5 metros de profundidad. Desde el punto de vista patrimonial, destacan los filones mineralizados del nivel superior, así como la zona de cámaras y pilares de la rampa de acceso entre el primer y el segundo nivel de explotación.

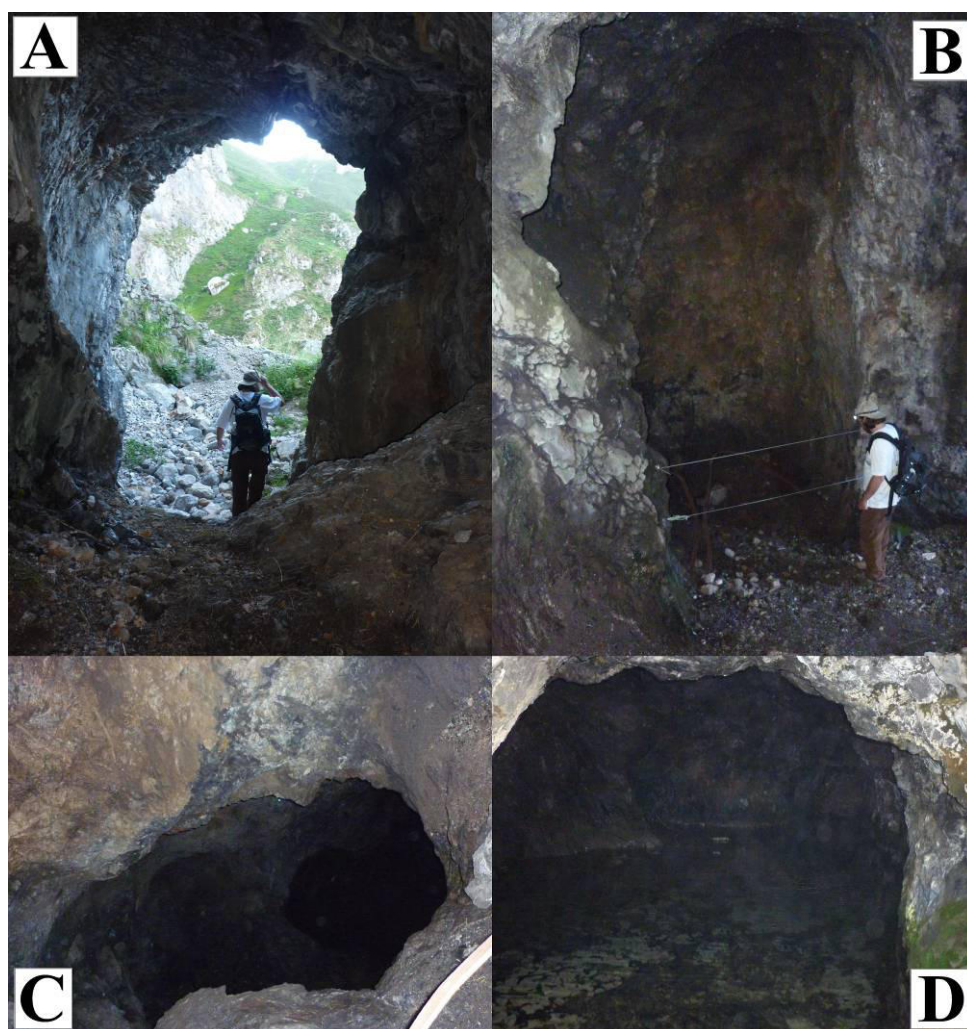


Figura 166: Mina Ya Salió. A: sala principal del primer nivel. B: acceso vallado al segundo nivel. C: rampa del segundo nivel. D: bocamina inundada de la galería de arrastre.

7.1.2. EXPLORACIONES EN EL SECTOR DE LLOROZA

Mina de la Vueltona (galería G1 de Las Gramas)

La galería G1 está situada en la Vueltona, junto al camino que se dirige a la mina principal y a las escombreras y cabañas de Las Gramas. Se trata de una labor con cierto recorrido de interior, con al menos dos niveles de explotación. El recorrido se inicia en un afloramiento calizo, beneficiado a modo de cantera, del que parten dos bocaminas (Figura 167).



Figura 167: Acceso a la mina de la Vueltona. La labor minera se inicia con el beneficio desde el exterior de zonas arriñonadas mineralizadas, progresando hacia el interior únicamente en las partes más ricas.

La dirección predominante de la explotación es SO-NE. La galería, con una sección aproximada de 2x2 metros, se encuentra en perfecto estado de conservación; no se aprecia ningún tipo de sostenimiento ni caída de bloques. A los 5 metros se localiza una zona inundada debido a un taponamiento en el acceso (imágenes C y D de la Figura 168). Pasada esta zona, se llega a un sector de anchurones y realces que ascienden a un nivel superior (Figura 169). Continuando por la galería principal, los siguientes veinte metros se encuentran con el suelo cubierto de zahorra, una rehabilitación posiblemente llevada a cabo por técnicos del Parque (imagen B de la Figura

168). Pasada esa zona se localiza un antiguo cartel de la época en la que estaba permitida la caza (imagen A de la Figura 168).



Figura 168: Interior de la mina de la Vueltona. A: cartel de Coto Nacional de Caza en la galería principal. B: zahorra en los primeros metros de la galería principal. C y D: paso sobre el pocillo donde se inicia la rampa a un nivel inferior.

El laboreo de esta pequeña mina consistiría en explotar los realces (Figura 169) dejando caer el mineral por gravedad al nivel inferior, el cual servía para evacuar la mena al exterior. Este nivel es horizontal, para facilitar el trasiego de carretillas.



Figura 169: Realces al inicio de la mina de la Vueltona.

Desde el punto de vista patrimonial, cabe destacar el buen estado de la galería, en la que se aprecian algunas zonas mineralizadas, así como la zona de realces del inicio. Desde el punto de vista de la peligrosidad, no aparece ninguna zona de riesgo elevado para el visitante.

Gramas Alta (pozo P15 de Las Gramas)

Situadas en lo alto del Macizo de Escondida, las labores mineras de interior a las que se acceden por el pozo P13 son, después de la mina de Las Mánforas, las mejor conservadas del Macizo Central. El hecho de que no se pueda acceder a la galería y sistema principal de labores sin el empleo de técnicas de espeleología, ha propiciado que durante los casi 80 años de abandono de las minas no se haya extraído del interior ningún elemento minero (Figura 170).

El acceso se realiza mediante un pozo de 4 metros situado en una zona de fractura que requiere del uso de cuerda. Parte del acceso es una fractura kárstica ensanchada mediante una trinchera para las labores mineras. Al final del recorrido, en espiral, hay una serie de conexiones con el exterior, como la del pozo P10 que conserva la estructura de un pequeño malacate o el gran sumidero cubierto todo el año de nieve (pozo P7, Figura 171) que en profundidad continúa hasta Las Gramas inferior (G5), donde la mina aprovecha una sima natural que se utilizaba como coladero para el mineral. Hoy en día estas conexiones entre ambos niveles solo pueden

realizarse mediante el empleo de técnicas de espeleología vertical. Una serie de galerías, actualmente colapsadas, conectarían con los pozos P7, P8, P9 y P10.



Figura 170: Canastos sobre acopios de calaminas y barrenas almacenadas en el interior de Las Gramas Alta. Fotografías cortesía de Bernard Hivert.

La explotación es en espiral, siguiendo la masa mineralizada, descendiendo mediante una galería con una sección de 2,2 metros de alto y 1,60 de ancho. De esta galería principal parten, a diferentes cotas, pequeñas galerías secundarias que acceden a la mineralización y desde estos subniveles se vaciaba la mena. El mineral siempre se arrojaba desde estos niveles hacia abajo y desde el nivel más bajo, la galería principal, se extraía la mena hacia arriba por pequeños malacates; el estéril iba a parar a la plaza inferior de Las Gramas a través de la sima.

En las galerías secundarias de subniveles y en la galería – rampa principal se conservan los utensilios y acopios antes mencionados. En los hastiales de las galerías se aprecian zonas mineralizadas. Al final de la espiral arranca una galería de arrastre que comunica con el pozo P7, que en profundidad mediante una chimenea servía de coladero para la extracción del

material al exterior (en el nivel inferior se transportaba por la galería G5); se conservan los railes para las vagonetas (imagen B de la Figura 173), así como materiales de transporte (imagen A de la Figura 173). Un croquis topográfico de las galerías puede apreciarse en el esquema elaborado por el grupo espeleológico francés Charentaise (Figura 172).



Figura 171: Pozo P7 de Las Gramas. Se conservan los estemples de madera que sujetarían la estructura para izar tanto al personal como el material. En profundidad este pozo conecta con la galería G3.



Figura 172: Croquis del recorrido de interior de la parte superior de Las Gramas en el Macizo de Escondida. Modificado de Hivert (2010). La conexión con P7 es también la unión con el sistema kárstico de Las Gramas que comunica con la plaza inferior principal de la mina.

Pueden apreciarse varios frentes de explotación, con los realces y los estemples de madera (imagen C de la Figura 173), e incluso un plano inclinado en el que se observa una zona de fractura algo milonitizada y mineralizada (imagen D de la Figura 173).

En cuanto a la estabilidad, tan solo el acceso y las conexiones mediante pozo, presentan zonas de posibles caídas de bloques. Una vez dentro, las galerías son completamente estables, no apreciándose cuñas ni desprendimientos de bloques en ninguna parte del recorrido.



Figura 173: A: vagoneta de mina. B: raíles y tubos para aire comprimido. C: realces. D: plano inclinado. Gramas Alta. Fotografías cortesía de Bernard Hivert.

Desde el punto de vista patrimonial, todo el recorrido tiene gran interés, desde el acceso a las propias galerías en las que se aprecian las zonas mineralizadas, los acopios de mineral, los utensilios mineros, los raíles para las vagonetas y los frentes de explotación. Sin duda, el recorrido de interior que presenta mejor estado de conservación de los que se puede acceder hoy en día en todo el Macizo Central.

Gramas Inferior (galería G5 de Las Gramas)

En la parte inferior del Macizo de Escondida y a través del camino principal de Las Gramas se llega a estas labores mineras. Se trata de una galería de arrastre para extraer el material de la parte superior de Las Gramas. El acceso se realiza desde una pequeña zanja junto a la gran escombrera E22 (Figura 174). Fuera se ubicaba el campamento y las instalaciones de las minas. Del campamento se conservan los arranques de los muros de diversas construcciones: cabañas, posible comedor y talleres –almacén.



Figura 174: Acceso en zanja a la galería G3 de Las Gramas.

Al ser una galería de arrastre, la práctica totalidad de la misma se desarrolla en estéril, lo que condiciona la gran estabilidad de las galerías, en las que apenas se aprecian discontinuidades,

fruto de lo cual no hay formación de cuñas ni caída de bloques. La galería principal tiene una dirección N-S. A unos 70 metros de la entrada aparece una bifurcación hacia el NE, con una galería exploratoria en la que se aprecian al final de la misma unas pequeñas zonas mineralizadas de poco interés. La sección de las galerías es rectangular, casi cuadrada, de 2 a 2,2 metros de altura y 1,80 a 2 metros de ancho (Figura 175).



Figura 175: Recorrido interior de la galería G3 de Las Gramas: A: galería principal. B: intersección con la galería lateral. C: galería lateral.

A unos 120 metros del inicio se localiza un derrumbe producto del colapso de una zona con mayor fracturación. Se aprecia el entibado dentro de la masa colapsada. Dicho taponamiento supone una represa natural para el agua de infiltración que se acumula al otro lado de la misma (Figura 176). Tras la zona inundada, de entre 10 y 20 metros de longitud según la época del año, continúa la galería de arrastre unos 30 metros más, llegando a la gran zona de chimeneas kársticas que conectan con la parte superior del Macizo. Estas chimeneas, ensanchadas artificialmente en algunas zonas, son el coladero del material de las labores de Gramas Superior (pozo P7).

Desde el punto de vista patrimonial, es una de las minas que más diversidad presenta. Además del gran soplao del final, a unos 40 metros del inicio se encuentra una chimenea kárstica (imagen A, Figura 177) en la que se aprecia un proceso activo de karstificación con neoformaciones (estalactitas) sobre el techo de la galería. En la intersección con la galería lateral y en esta misma galería encontramos dos vagonetas mineras (imágenes B y C, Figura 177).



Figura 176: Taponamiento debido a un colapso en la galería de arrastre G3 (izquierda). Al otro lado de los bloques una zona inundada de unos 10-20 metros (derecha).



Figura 177: A: soplao en la galería G3 de Las Gramas. B y C: vagonetas en la intersección de las dos galerías y la galería lateral respectivamente.

Camino de Altaiz (galerías G1 y G2 de Altaiz)

El camino habitual de subida al pico de Altaiz por los montañeros es en realidad uno de los caminos mineros más ingeniosos de la zona; mediante varias “eses” excavadas en la propia roca se salva un desnivel de varios cientos de metros. En la subida al Pico de Altaiz, al final de la zona del camino tallado en la roca se localizan dos galerías similares de 30 metros de recorrido cada una (Figura 178).



Figura 178: A la izquierda situación de las galerías G1 y G2 de Altaiz (la G1 es la inferior). A la derecha emboquille de la galería G2.

Por la escasa presencia de zonas mineralizadas y la buena calidad del macizo rocoso, se intuye que la finalidad de estas galerías sería prospectiva más que de extracción. Ambas galerías presentan una orientación SO-NE, son prácticamente horizontales y sin desviaciones (Figura 179), por lo que seguramente buscarían la mineralización paralela a la que se localiza en las zanjas y galerías superiores.



Figura 179: Galería principal de la G1 de Altaiz, en la que no se aprecian mineralizaciones significativas.

Como elementos patrimoniales cabe destacar la presencia de coladeros-tolva que se sitúan en la parte final de la galería G1 (Figura 180), rellenos de material, que probablemente vendrían de la galería G2, aunque hoy en día por el colapso que se localiza al final de esta galería no puede accederse a esa zona, quizás la única con mineralización destacable.



Figura 180: Coladeros colmatados al final de la galería G1 de Altaiz.

Altaiz-Galería G3

Está situada en la parte superior de Altaiz en la vertiente oriental, por encima de la zanja Z1, con una entrada en zanja (Figura 181) situada junto a una antigua cabaña-abrigo, que serviría como vivienda de mineros, por la ubicación alejada de estas labores.

Se trata de una galería en estéril, de ahí su buen estado de conservación, sin sostenimientos ni bloques caídos. El final de la galería se encuentra colapsada, seguramente coincidiendo con el inicio de la zona mineralizada que corresponde con la galería G4 del otro lado del pico, de la cual sirve para extracción del material (esta galería se localiza a la misma cota que el cable empleado para el descenso del material, del cual se conserva la base y el camino empedrado que conecta ambos elementos).



Figura 181: Acceso a la galería G3 de Altaiz.

Desde el punto de vista patrimonial, al tratarse de una galería de arrastre de mineral, no se aprecian elementos destacables de interés más que el hecho de tratarse de una galería en muy buen estado de conservación. En este caso, destaca más el conjunto exterior del que se conservan los restos de la vivienda, el camino hasta el cable y la base del mismo el que da valor a esta galería. El acceso a la zona mineralizada es más factible desde la galería G4, situada a cota más elevada.

Altaiz-Galería G4

Está situada en la parte superior de Altaiz, en la vertiente occidental. El acceso (imagen A, Figura 182) se realiza mediante una rampa, encontrándose desde el inicio con la masa mineralizada. La explotación tiene una altura máxima de 12 metros y un recorrido de más de 50 metros hasta una zona de colapso, que como se ha indicado en el apartado anterior, conectaría con la galería G3 del lado opuesto del cerro, para la extracción del mineral y desde donde se cargaría en baldes ya que el cable que transportaba el material a la parte baja de la montaña se sitúa en esa vertiente del pico.

Se trata de una explotación de realces y de cámaras y pilares que beneficia una zona de fractura mineralizada de dirección NO-SE. El buzamiento de la zona mineralizada varía entre los 40 y los 80 grados, siendo la disposición de los pilares subhorizontal (imagen B, Figura 182).



Figura 182: Interior de la galería G4 de Altaiz; A: acceso a la galería G4. B: explotación dentro de la galería G4. Nótese la disposición del vaciado con una pendiente casi vertical y al fondo un pilar subhorizontal.

No se localizan galerías auxiliares, por lo que se supone que el beneficio se realizó exclusivamente a través de esa zona de fracturación principal. Desde el punto de vista de la seguridad, se aprecian zonas de inestabilidad, al estar los pilares parcialmente fracturados. No obstante, en líneas generales, al haberse “vaciado” toda la bolsa mineral nos encontramos con que las paredes de las galerías no presentan fracturación significativa por lo que las condiciones de estabilidad son buenas. Al final de la galería hay una zona de hundimiento que conecta con la galería G3. Geomecánicamente, la parte mineralizada en el centro de la “veta” estaría fracturada y los hastiales de techo y muro en terreno competente.

La mineralización puede verse en los pilares (Figura 183) que se han mantenido para la sujeción de las paredes de la galería. Se aprecian algunos sulfuros diseminados, estando presentes como

especies minerales tanto esfalerita como algo de galena, aunque la mayor parte de la masa mineralizada está compuesta por cristales de calcita.



Figura 183: Zonas mineralizadas en el interior de la galería G4 de Altaiz; sobre estas zonas de huecos encontramos espeleotemas.

En cuanto a la valoración patrimonial, es de destacar las buenas condiciones de observación de las cámaras y los pilares pero principalmente los excepcionales cristales de calcita espática que se observan tanto en los pilares como en la base de la galería bajo ellos (Figura 184).



Figura 184: Grandes cristales de calcita espática en la galería G4 de Altaiz.

Canal de San Luis frente a Gramas-Zanja Z3

Situadas frente a las minas de Las Gramas, en el lado sur de la Canal de San Luis, se sitúan estas pequeñas labores de interior. El acceso es mediante una zanja de 10 metros de longitud, de dirección N-S, 3 metros de ancho y 5 metros de altura. Posteriormente, existen dos galerías perpendiculares, una de ellas la G2, con cierto recorrido (Figura 185). Las galerías, horizontales, sólo presentan un nivel de explotación, con una sección casi cuadrada de 2,2 metros de altura y 2 metros de ancho. La galería principal muestra restos del filón mineralizado en el hastial derecho, con una dirección casi E-O y un buzamiento de 70° hacia el S. Este filón y el hecho de que las paredes y el techo se encuentran muy estables es lo que aporta mayor interés a estas labores. El mayor peligro que tiene esta zona es la gran altura de la zanja de acceso.

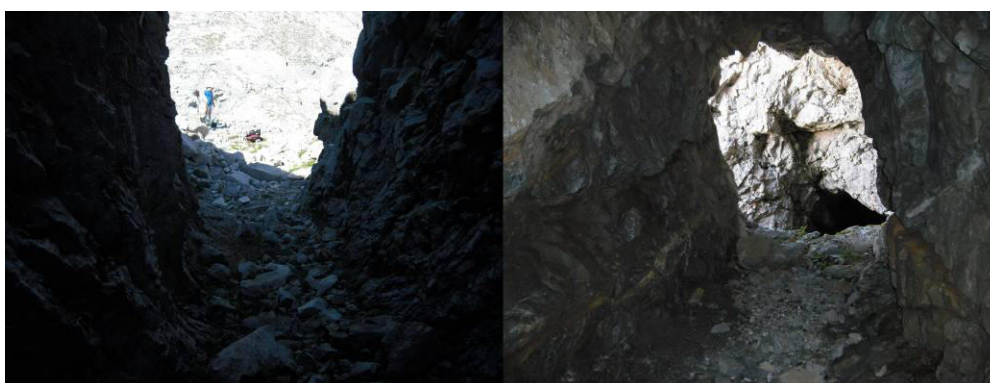


Figura 185: A la izquierda, zanja de acceso a las labores de la Canal de San Luis; a la derecha, vista del final de la zanja y de la galería G3 desde el interior de la galería G2.



Figura 186: Galería G3 de la Canal de San Luis. En el hastial derecho se aprecia algo de mineralización.

7.1.3. EXPLORACIONES EN EL SECTOR DE ÁLIVA

Mina Providencia-Galería G5

Las labores de la mina Providencia están situadas en la parte superior de Las Mánforas. Son un conjunto de galerías y pozos, destacando el recorrido de interior por el que se accede a través de la galería G5 (Figura 187). Las minas tienen 3 niveles de galerías, siendo la explotación mediante cámaras y pilares. Los dos niveles inferiores solo son accesibles mediante técnicas de espeleología vertical. El nivel superior, a cota del emboquille de la galería G5, tiene una altura de explotaciones de hasta 8 metros, con una disposición caótica de las salas y las galerías, lo que sugiere que no se trata de una zona de filones con una dirección selectiva de mineralización, sino de un gran macizo fracturado, con una intensa dolomitización y una mineralización dispersa por toda la red de fracturas, más similar a un *stockwork*.

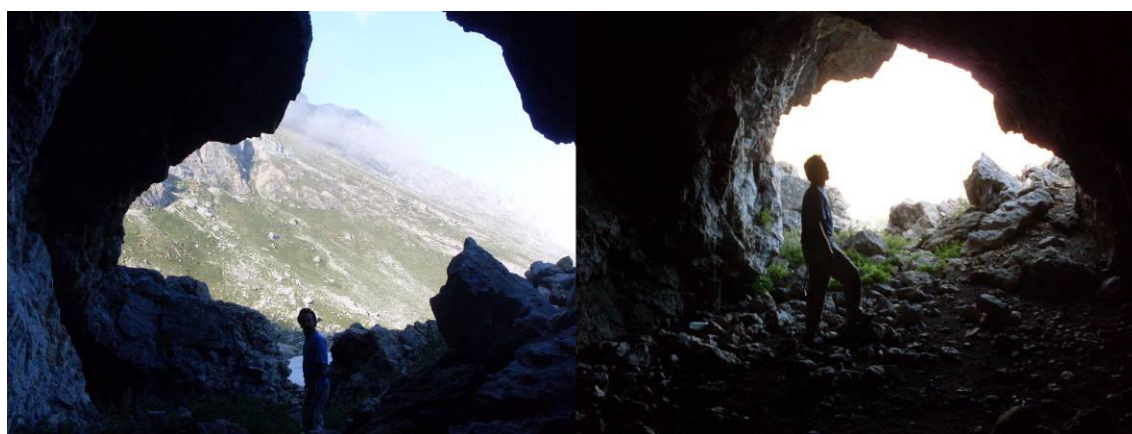


Figura 187: Acceso a la mina Providencia.

El nivel superior tiene buenas condiciones de estabilidad, no apreciándose cuñas ni caídas significativas de bloques. El acceso a los niveles inferiores sí que presenta una peligrosidad elevada. Al final de las galerías inferiores existe una antigua conexión con la mina de Las Mánforas aunque el paso es dificultoso.

Desde el punto de vista patrimonial, destacan las grandes cámaras de estas labores con un gran volumen del macizo “vaciado”, así como los recorridos de los niveles inferiores. En algunos

hastiales del segundo nivel, se conservan pequeñas zonas mineralizadas con presencia de esfalerita cristalina de color ambarino y verdoso.

Mina Las Mánforas-Galería G1

Sin duda es el recorrido de interior más importante que existió en el Macizo Central y uno de los más espectaculares del norte de España, por el interés mineralógico y la ingeniosidad de su laboreo. La mina de Las Mánforas consta de 6 niveles, de los cuales solo 3 eran practicables en 2008, debido a que el resto se encontraba inundado tras el cierre de las explotaciones.

El acceso desde el edificio ED2, se realiza en una galería excavada en los materiales coluviales y depósitos glaciares de la base de Juan de la Cuadra. Debido a la gran inestabilidad geotécnica que presentan los materiales, la galería se encuentra reforzada con cemento. Una vez pasado este tramo y ya en “macizo rocoso”, encontramos la mayor parte sin sostenimiento, excepto en algunas zonas puntuales donde se refuerza con cerchas metálicas y cemento (Figura 188).



Figura 188: Galería principal de la mina de Las Mánforas. A: zona reforzada con hormigón al inicio. C: nivel pizarroso sin sujeción.

Al final de esta galería se localiza el primero de los dos pozos interiores que hay en la mina. Este pozo, el más moderno de los dos, conectaba con todos los niveles inferiores. Bordeando esta zona mediante una galería circular con entibación mediante cerchas metálicas parten dos

galerías (Figura 189), una hacia una zona mineralizada que se encuentra semicolapsada a los 50 metros y otra recta hacia el otro pozo, que conecta con el segundo nivel. Pasado el pozo hay una conexión en rampa con ese mismo nivel, apareciendo una ramificación de galerías que nos conducen a una zona de cámaras y pilares por la que se puede acceder hasta el tercer nivel. En el segundo nivel, también se localiza el polvorín de la mina, en perfecto estado de conservación.



Figura 189: Cerchas metálicas en la zona del primer pozo de Las Mánforas.

En lo referente al patrimonio, además de las impresionantes zonas mineralizadas de los niveles 2 y 3 (los de niveles inferiores no son ya accesibles, no pudiéndose llegar a la famosa “Geodona”, donde se localizaron los mejores ejemplares de esfalerita cristalina, situada en el cuarto nivel), en los que se aprecian principalmente geodas de calcita, fluorita, galena y esfalerita, y los frentes de explotación (grandes cámaras vacías, cámaras y pilares y zonas de realces) de ambos niveles, lo más destacable son los vestigios mineros de la galería principal y del segundo nivel (Figura 190).

Desde el punto de vista de la seguridad, la galería principal se encuentra en perfectas condiciones, no apreciándose inestabilidades, a excepción de la galería que parte del primer pozo. Al ser una galería de arrastre, todas las zonas con inestabilidades muy acusadas, fueron tratadas en la época de la actividad minera.

Cabe destacar, la gran cantidad de agua que se filtra en esta mina, formándose cascadas interiores tanto en los pozos como en las zonas de las cámaras. Hacia el exterior y mediante una cuneta de desagüe, sale durante todo el año una corriente de agua continua que alimenta al río Duje.



Figura 190: Patrimonio geológico y minero en el primer nivel de Las Mánforas. A: fistulas en el techo de hormigón de la galería de acceso. B: elevador en el pozo 2. C: vagonetas y tuberías de aire comprimido en las cercanías del pozo 2. D: compuertas para control del sistema de ventilación.

Mina Almanzora-Galerías G12-G14-G15 de las labores Zulema en el Grupo Minero del Duje.

De los posibles tres niveles de la mina Almanzora (Mazarrasa 1930), se han explorado los dos niveles inferiores. El acceso más evidente y cómodo a estas labores se realiza por la galería G12, aunque se puede acceder por las bocaminas G14 y G15, a través de una galería auxiliar, que además conecta con unas labores exploratorias (Figura 191).



Figura 191: A: galería principal de la mina Almanzora. B: galería auxiliar y bocamina G14. C: galería exploratoria.

El nivel inferior consta de una galería de arrastre por la que se cree que se evacuaba todo el material, tanto el estéril como la mena. A ella acceden galerías y labores secundarias de escasa entidad. Al inicio de la galería se desarrollan diversos trabajos mineros: pozo interior, realces y pequeñas cámaras. La galería avanza en estéril hasta la mitad de su recorrido. En este punto se abren hacia el Este cámaras de cierta entidad (Figura 192). Cabe destacar una gran cámara desarrollada enteramente en esfalerita cristalina (Figura 193).



Figura 192: Imágenes superiores, zona de cámaras y pilares en la galería principal hacia el este.



Figura 193: Vista parcial de un pilar constituido enteramente por esfalerita en la mina Almanzora.

Al oeste de la galería nos encontramos con dos rampas (donde pudo haber alguna tolva) para descender el mineral, por la que se puede ascender con dificultad al segundo nivel (Figura 194). Esta zona, de menores dimensiones, conecta con el tercer nivel y con el pozo P17, aunque debido a la presencia de colapsos no se ha podido realizar la exploración completa de la zona. Para el acceso al segundo y al tercer nivel es necesario el empleo de técnicas y equipos espeleológicos. La galería continúa en estéril hasta el final. Desde el punto de vista del patrimonio geológico y minero destacamos cuatro puntos de interés en esta galería. El primero de ellos, el pilar de esfalerita cristalina; junto a la cámara encontramos el segundo punto de interés que consiste en una bolsada arcillosa con cierta estructura que rellena una gran zona fracturada. Posteriormente, se observa una falla que corta perpendicularmente la galería. El cuarto punto de interés es un polvorín del que solo queda el culatón excavado en estéril.



Figura 194: Rampa de acceso al segundo nivel de la mina Almanzora y realces en el mismo.

Mina Inés-galería G2

La zanja Z1 da paso a dos labores de interior: una tiene un recorrido de interior considerable, interceptando dos pozos, uno formado por colapso debido a su poca altura y otro seguramente de ventilación. Comienza el recorrido con una entrada estrecha debido a un colapso en la parte exterior. Una vez dentro, se aprecia la disposición de los estratos y la zona mineralizada con una dirección SE-NW y un buzamiento medio de 30 grados hacia el SO en la mayor parte del recorrido.



Figura 195: Galería principal bajo el plano mineralizado de la galería G2 en la mina Inés. A la derecha escombro colocado a modo de muro, para evitar la extracción del estéril.

Se trata de una zona con una fuerte dolomitización y con presencia de esfalerita de tipo II principalmente, aunque en las escombreras se aprecia esfalerita cristalina de tipo I. Al final del recorrido practicable aparece una cámara de 8 metros de ancho y con una altura de 3 metros (Figura 196) de la que parten dos galerías, una de escaso recorrido hacia el oeste y otra que por la dirección debería coincidir con los pozos antes mencionados. Las galerías presentan buenas condiciones de estabilidad a excepción del acceso y la zona final de las mismas, sin embargo en la mayor parte del recorrido, la altura es inferior a 1,60 metros, lo que dificulta el paso. Desde el punto de vista patrimonial, lo más destacable son las buenas condiciones de observación de la zona dolomitizada.



Figura 196: Frente de explotación al final de la galería G2. De esta zona parten pequeñas galerías que se encuentran colapsadas actualmente.

Mina del Collado de Horcadina de Covarrobres-Galerías G18-G19-G20 de Horcadina de Covarrobres.

Situada junto al collado del Horcadina de Covarrobres, esta gran cámara es uno de los recorridos más asequibles para los visitantes de la zona. El acceso se realiza ascendiendo por la escombrera E24 y adentrándose en la mina por la galería G18 (Figura 197). Se trata de una explotación de cámaras y pilares de pequeñas dimensiones que beneficiaba una zona mineralizada subhorizontal.

La dirección principal es N160, con un recorrido de 17 metros de longitud de la galería G18 a la G19. El acceso por la G20 se encuentra parcialmente colapsado.



Figura 197: Interior de las labores del collado de Horcadina de Covarrobres.

El acceso por la galería G18 presenta algo de riesgo, con algunas inestabilidades en el techo, debido a que las fracturas principales son subhorizontales. La zona actualmente sirve de refugio para el ganado. Junto a las bocas del lado Sur de esta mina se abre un pequeño valle que conduce a dos labores de interior de más de 50 metros de recorrido cada una, con una dirección de explotación N-S.

Mina de Marta Navarra-Pozo P1 y galería G2

Las labores de interior de la mina Marta Navarra están situadas sobre una escarpada ladera del valle del Duje, en el extremo del cordal de Juan de la Cuadra. Se trata de unos pequeños recorridos de interior en dirección N-S, paralelos entre sí, situados a pocos metros de separación pero sin conexión interna, destacando la galería G2 y el pozo P1, con un breve recorrido de interior al final del mismo (Figura 198). Se aprecia una intensa dolomitización generalizada y existen abundantes restos de esfalerita en el suelo de las galerías.



Figura 198: A la izquierda, galería G2 de la mina Marta Navarra. A la derecha descendiendo por el pozo cubierto de nieve en mayo de 2008.

7.2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y GEOTÉCNICOS DE MINAS SUBTERRÁNEAS

Las 13 galerías exploradas que se han indicado en el apartado anterior tienen, en mayor o menor medida, un cierto potencial para ser utilizadas con fines didácticos o turísticos ya que se pueden organizar visitas para un público tanto general como especializado. No obstante, algunas de ellas presentan algunos condicionantes que hacen que no puedan ser visitable en un corto plazo. En esta situación se encuentran las minas:

-Gramas Alta. Solo son accesibles mediante técnicas de espeleología vertical, por lo que no son aptas para un público general. Ya se cuenta con una topografía completa realizada por el grupo espeleológico francés Charentaise.

-Camino de Altaiz. Además de encontrarse en una zona alejada en la que solo el acceso es ya de por sí dificultoso, no posee elementos patrimoniales destacables.

-Altaiz-Galería G3. Está situada en la parte superior de Altaiz en la vertiente oriental, por encima de la zanja Z1 de pendiente elevada y extremada inestabilidad. Una zona de elevada dificultad que impide el acceso de la mayor parte de los visitantes del parque.

-Altaiz-Galería G4. Situada en la parte superior de Altaiz, en la vertiente occidental. Para acceder a ella hay que atravesar las zanjas Z1 y Z2, ambas muy inestables. Adicionalmente, dentro de la galería se aprecian zonas de inestabilidad al estar los pilares parcialmente fracturados.

-Canal de San Luis frente a Gramas-Zanja Z3. Se trata principalmente de una labor en zanja con dos galerías al final perpendiculares, una de ellas con apenas de diez metros de recorrido.

-Mina de Las Mánforas-Galería G1. Como se ha mencionado con anterioridad, a pesar de ser uno de los recorridos subterráneos más espectaculares del norte de España, la mina de Las Mánforas se encuentra actualmente cerrada mediante una losa de hormigón, lo que impide, al

menos en estas condiciones, el acceso a la misma. Su estudio para la puesta en valor debería ser objeto de un análisis específico y en detalle posterior, dado el enorme potencial turístico y didáctico de estas labores.

-Mina Providencia-Galería G5. Se trata de una zona con una enorme peligrosidad debido a la cantidad de pozos y zanjas inestables concentrados en una zona relativamente pequeña. Sumado a esto, el promontorio calizo donde se ubican las labores posee una pendiente elevada, lo que propicia el riesgo de caída de bloques.

-Mina Inés-Galería G2. Situada en el interior de la zanja Z1, la galería G2 es susceptible de ser integrada dentro de un recorrido por esas labores. No obstante, la poca altura de las galerías, las inestabilidades que se han localizado en su interior, y dado que a poca distancia se localiza la mina Almanzora (de mucho mayor potencial), no se ha considerado pertinente un estudio más detallado de su interior.

-Mina de Marta Navarra-Pozo P1 y G1. Dado lo alejado que se localiza esta mina de los caminos principales y lo poco accesible de la zona, no se considera pertinente un estudio en detalle del interior de las labores.

Se ha realizado el estudio topográfico y geotécnico en aquellas labores que se han considerado susceptibles de poner en valor, que son Vueltona, Gramas Inferior y Almanzora. Al realizar el estudio de las labores se dispuso de dos estadillos diferentes, uno con el que se hizo un levantamiento topográfico de las galerías y otro en el que en algunos puntos seleccionados (estaciones geomecánicas) se tomaron de forma detallada los datos litológicos, estructurales, de condiciones del macizo rocoso y características de los huecos subterráneos.

7.2.1. MINA DE LA VUELTONA

Topografía

Se trata de una labor minera de 41 metros de desarrollo a modo de prospección, para evaluar si la zona mineralizada proseguía hacia el interior. Arranca directamente en zona mineralizada, beneficiada mediante un realce de 3 m de ancho y 4 m de alto. Después la galería prosigue en estéril, con una sección de 1,25 m x 2,20 m y una dirección predominante N290E.

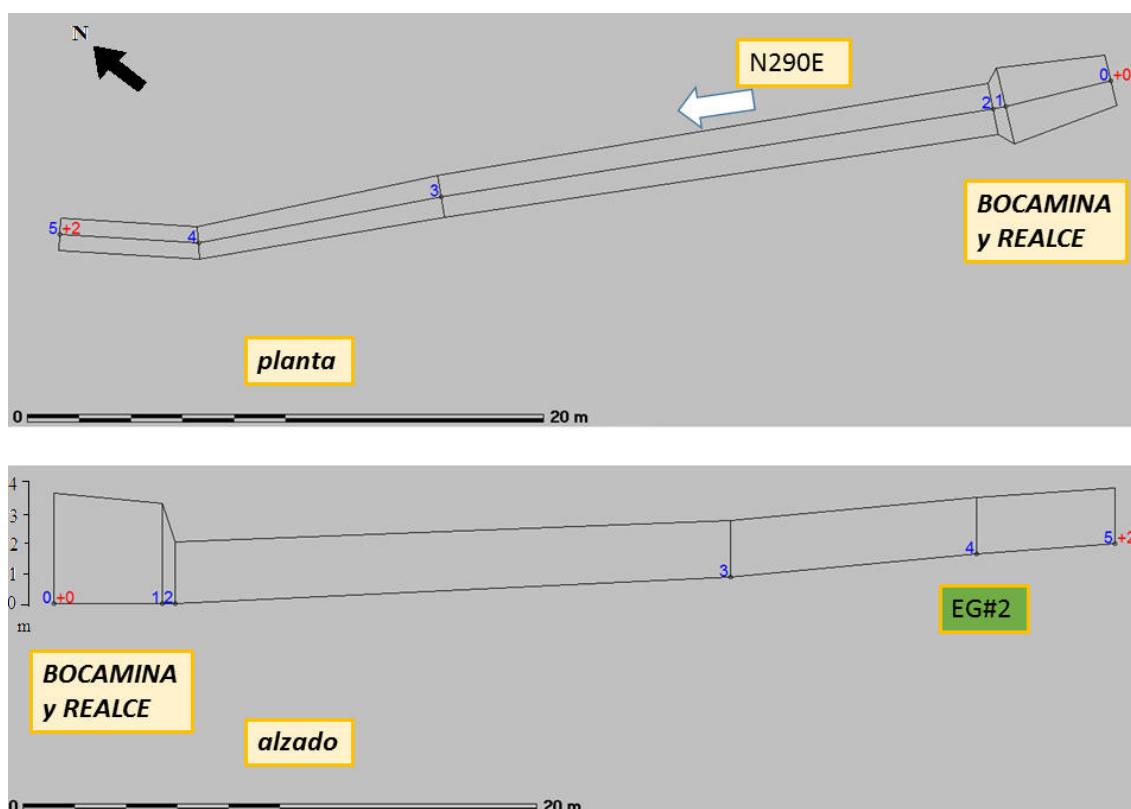


Figura 199: Planta con la dirección de la galería (N290°E) y alzado con la situación de la estación geomecánica de la galería de la Vueltona.

Análisis geomecánico de la galería principal de la mina de la Vueltona

Se ha realizado una estación geomecánica en el inicio de la galería y se han determinado 3 familias de diaclasas (Tabla 40).

Familia	Dirección de buzamiento (DipDir) en grados	Buzamiento (Dip) en grados
J1	037	13
J2	135	77
J3	202	83

Tabla 40: Familias principales de discontinuidades de la galería principal de la mina de la Vueltona

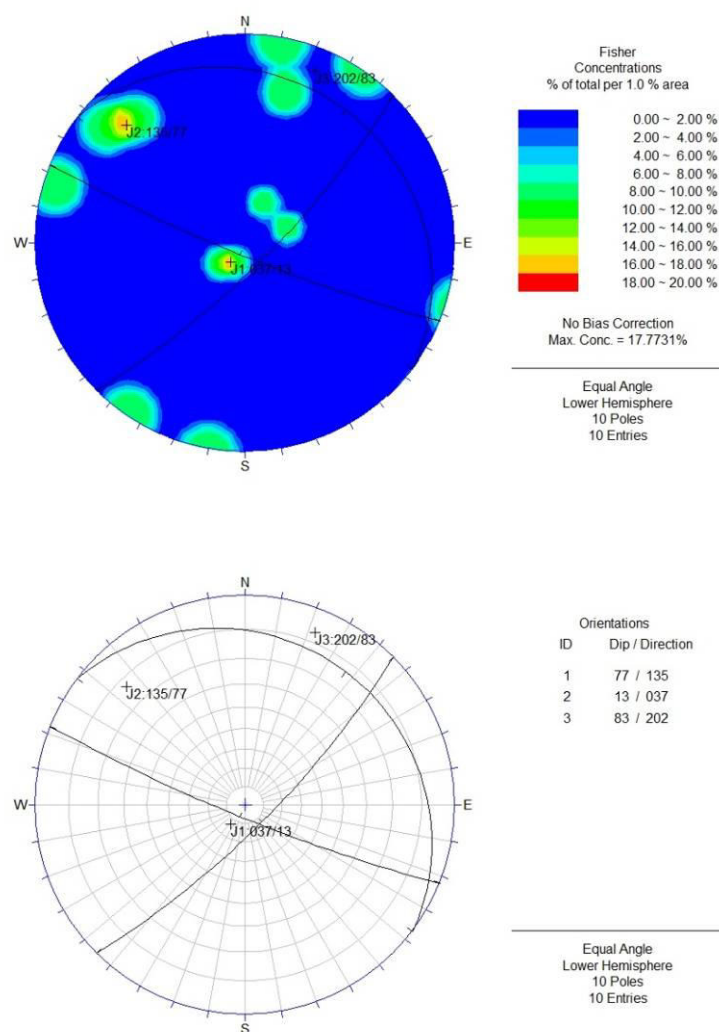


Figura 200: Arriba: estereograma con las familias principales de discontinuidades de la Vueltona. Abajo: estereograma con los polos principales de la Vueltona.

El valor de J_v , juntas por metro cubico o índice volumétrico de juntas es $J_v = 10$; las juntas por metro lineal $\lambda = 7$.

El valor del RQD es de 82%, tanto si aplicamos la metodología de juntas por metro lineal (Priest y Hudson 1981), como la de las volumétricas (Palmstron 1982).

Consideramos 3 familias de juntas, es decir $J_n = 9$).

El índice de rugosidad $J_r = 3$, de juntas onduladas y rugosas: el índice de alteración $J_a = 2$, labios algo alterados, sin alteraciones arcillosas.

El coeficiente reductor por presencia de agua $J_w = 1$ para juntas secas o ligeramente húmedas.

El índice de efectos tensionales o *Stress Reduction Factor* o SRF = 1 Ver tablas de Barton *et al.* (1974) para la ponderación y descripción de cada uno de estos índices.

Por tanto el valor único del índice Q considerado para esta mina sería de: $Q = 82/9 + 3/2 + 1/1 = 13,67$ (~14)

Consideramos para la modelización dos anchos, uno de 1,25 m para la galería y otro de 3 m para el realce, ambos con el mismo valor de $Q = 14$

Los valores que se evaluarán en el apartado 7.2.4 serán:

Zona de la mina	Vano considerado en metros	Valor índice Q
Galería	1,50	14
Realce	3,00	14

7.2.2. GRAMAS INFERIOR

Topografía

La parte topografiada corresponde a la primera parte de la galería de arrastre, hasta un hundimiento previo a los realces que comunican con el soplao grande y las labores superiores. En esta parte de la galería también se interceptan dos soplaos de menor entidad. Se han topografiado un total de 210 metros de desarrollo, incluyendo un culatón lateral (Figura 201).

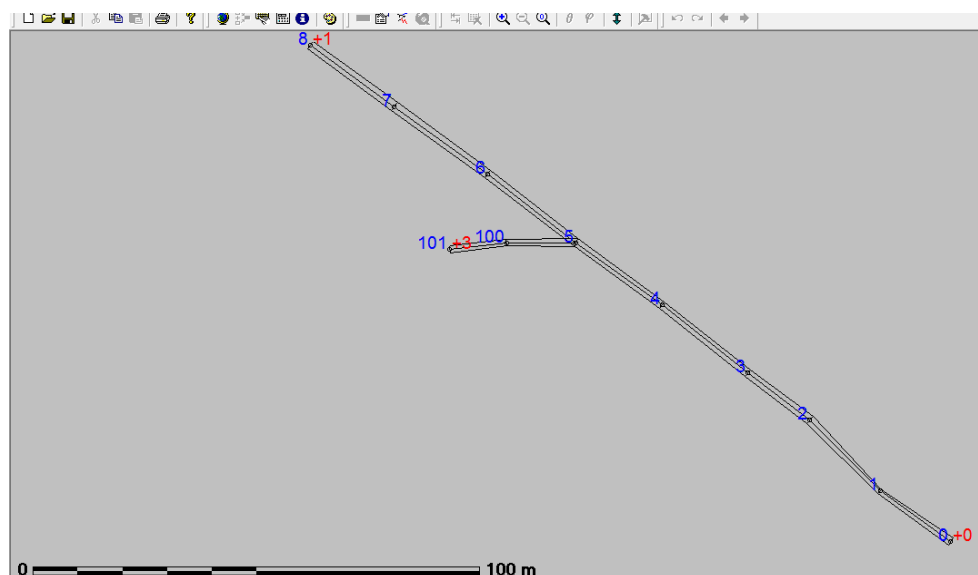


Figura 201: Planta de la galería de Las Gramas inferior.

Análisis geomecánico de la galería inferior de Las Gramas

Se ha realizado una estación geomecánica en el interior de la mina, en la bifurcación de la galería principal con el culatón (Figura 202).

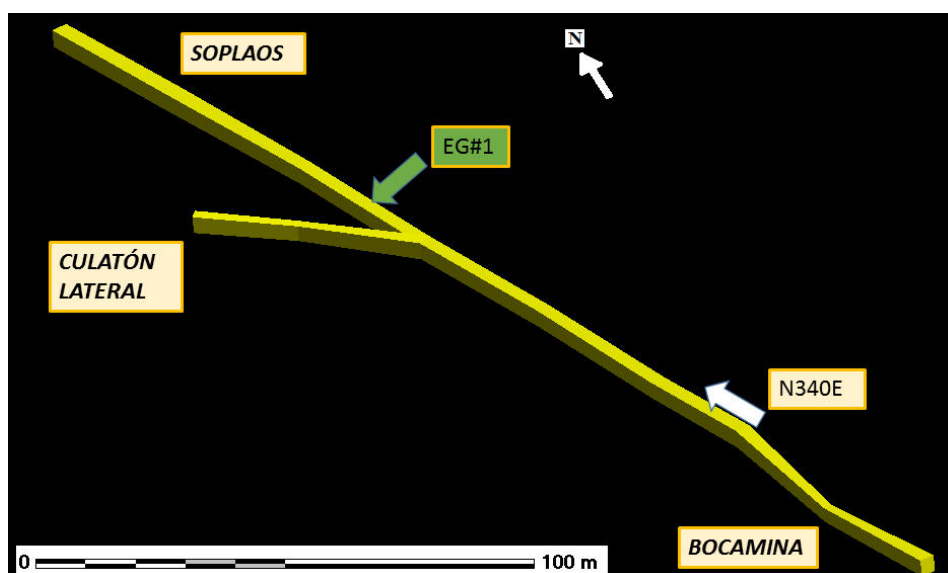


Figura 202: Situación de la estación geomecánica EG#1 en Las Gramas.

Se considera la presencia de dos familias de discontinuidades principales muy marcadas y una tercera menos frecuente:

Familia	Dirección de buzamiento (DipDir) en grados	Buzamiento (Dip) en grados
F (falla)	046	75
J1	072	40
J2	253	55

Tabla 41: Familias principales de discontinuidades de la galería inferior de Las Gramas.

En la misma estación se manifiestan claramente una falla de escasa continuidad y dos juntas o diaclasas denominadas localmente J1 y J2. En ese punto preciso serían 3 familias de juntas. Sin embargo, recorriendo la galería se aprecia como la falla es local, sin continuidad y destacan dos familias de diaclasas. De cara al análisis mediante el índice Q (Barton, 1976) se va a considerar que existen dos familias y una tercera menos frecuente.

Para el cálculo del RQD (%) empleamos las expresiones de Priest y Hudson (1981), en función de las juntas por metro (λ) y Palmstron (1982) en función del índice volumétrico de juntas (J_v).

En este caso encontramos dos valores de $\lambda_1=9$ y $\lambda_2=1$ según la vertical y la horizontal respectivamente. Eso lleva a un RQD mínimo de 78% y un RQD máximo de 100%. La metodología de obtención mediante el índice volumétrico de juntas arroja un $J_v = 21,55$, por tanto un RQD = 45%. Ante la disparidad de valores de RQD según el método de cálculo se ha optado por un criterio conservador, tomando como valor mínimo el de J_v , es decir RQD = 45% y máximo el menor del obtenido según λ , RQD = 78%.

El índice de diaclasado $J_n = 6$ (2 familias de juntas + aleatorias); el índice de rugosidad $J_r = 3$, de juntas onduladas y rugosas; el índice de alteración $J_a = 2$, labios algo alterados, sin alteraciones arcillosas.

El coeficiente reductor por presencia de agua $J_w = 1$ para juntas secas o ligeramente húmedas.

Por todo ello obtenemos dos valores del índice Q:

$$Q = RQD/J_n \times J_r/J_a \times J_w/SRF$$

$$Q_{min} = 45/6 + 3/2 + 1/1 = 11,25$$

En la zona de la intersección con el culatón lateral o cruce se multiplica el valor de J_n x3 tal y como se sugiere en el método Q (NGI, 2013).

$$Q_{min} (cruce) = 45/3 \times 6 + 3/2 + 1/1 = 3,75$$

$$Q_{max} = 78/6 + 3/2 + 1/1 = 19,5$$

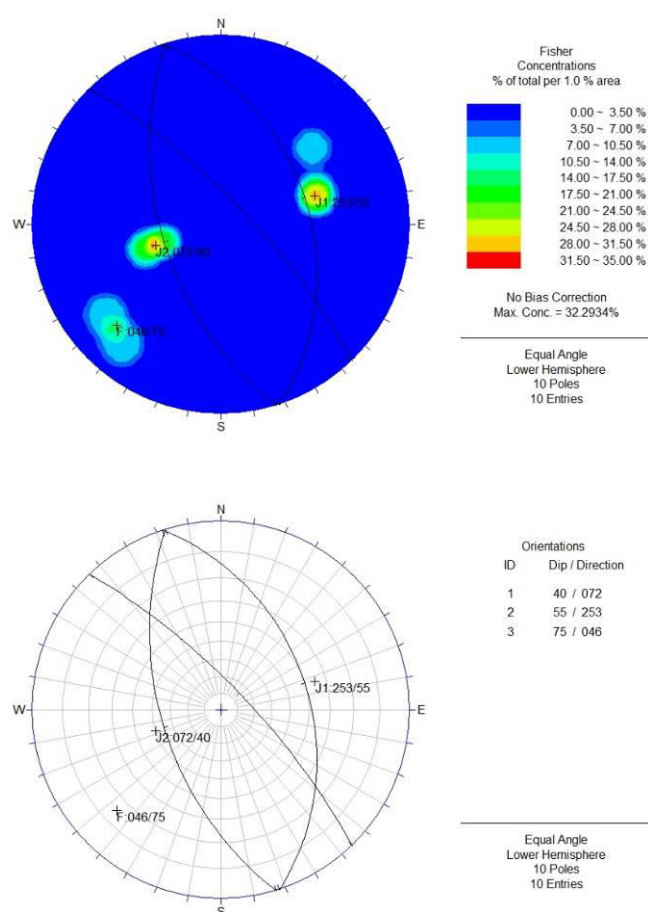


Figura 203: Arriba: estereograma con las familias principales de discontinuidades de Las Gramas. Abajo: estereograma con los polos principales de la mina de Las Gramas.

Los anchos de la galería de Las Gramas inferior oscilan entre un máximo de 2,30 m y un mínimo de 1,6, con un valor más frecuente en torno a 1,90 m.

Los valores que se evaluarán en el apartado 7.2.4 serán:

Zona de la mina	Vano considerado en metros	Valor índice Q
Galería general	1,90	19,5
Galería cerca zona del cruce	2,30	3,75

7.2.3. MINA ALMANZORA

Topografía

Se ha realizado la topografía del nivel inferior de la mina Almanzora, ya que se considera como el más factible para el acondicionamiento de cara a posibles visitas. La mina tiene 3 accesos horizontales, G14, G15 y G16. Las galerías son de sección rectangular con una anchura en 1,60 y 2 metros y la altura entre 2 y 2,40 metros. Las dos primeras dan paso a una galería auxiliar desde la cual se accede tanto a una pequeña galería exploratoria como a la propia mina Almanzora (Figura 204).

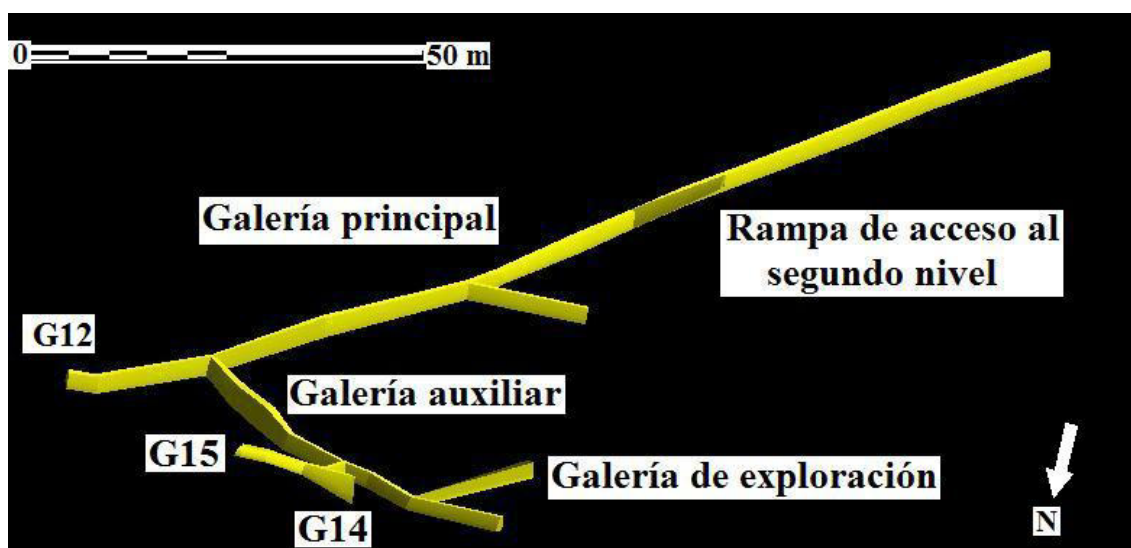


Figura 204: Esquema tridimensional mediante visualtopo de las galerías de la Mina Almanzora. Los diferentes accesos están marcados como G14, G15 y G16.

Análisis geomecánico de la galería principal y labores de la mina Almanzora

Se ha realizado una estación geomecánica en el interior de la mina, en la zona en la que desde la galería general se abren varias cámaras y donde cabe destacar la presencia de un pilar de esfalerita cristalina. Se considera la presencia de dos familias principales de diaclasas y alguna menos frecuente; las familias principales de discontinuidades están representadas en la Tabla 42 y la Figura 205.

Familia	Dirección de buzamiento (DipDir) en grados	Buzamiento (Dip) en grados
J1	119	67
J2	304	57

Tabla 42: Familias principales de discontinuidades en la mina Almanzora.

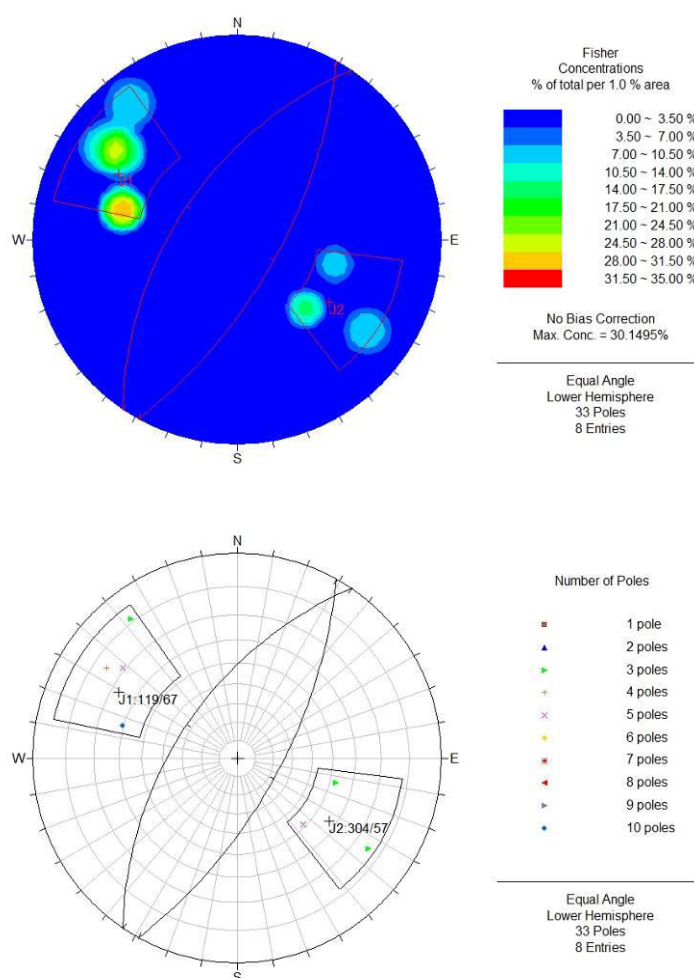


Figura 205: Arriba: estereograma con las familias principales de discontinuidades de la mina Almanzora.
Abajo: estereograma con los polos principales de la mina Almanzora.

Cálculo del RQD

Para el cálculo del RQD (%) se emplean las expresiones de Priest y Hudson (1981), en función de las juntas por metro (λ) y Palmstron (1982), en función del índice volumétrico de juntas (J_v).

En este caso $\lambda=2,74$ y $J_v=19,2$

$$RQD_{\lambda} = 100 \times e^{-0,1\lambda} \times (0,1\lambda + 1) = 100 \times e^{-0,1 \times 2,74} \times (0,1 \times 2,74 + 1) = 96,8 \sim 97\%$$

$$J_v = 1/0,4 + 1/0,06 = 19,2$$

$$RQD_{J_v} = 115 - 3,3 \times 19,2 = 51,6 \sim 52\%$$

Resistencia a compresión simple de la matriz rocosa empleando los rebotes del esclerómetro

Los valores obtenidos han sido:

Rebotes	32	50	41	44	43	48
	58	56	58	52	32	64
Promedio del 50% más alto	56		Resistencia a compresión RCS en MPa		70	

Tabla 43: Valores obtenidos con el esclerómetro en la mina Almanzora.

Cálculo del índice Q

$$RQD_{max} = 97\%$$

$$RQD_{min} = 52\%$$

- Número de familias de diaclasas: dos más algunas menos frecuentes $J_n=6$
- Índice de rugosidad: Diaclasas lisas, planas a rugosas planares $J_r = 1 - 1,5$
- Índice de alteración, juntas ligeramente alteradas $J_a=1$
- Presencia de agua, húmeda, $J_w=1$

- Factor de tensiones SRF

Estimamos una profundidad de labores media de 30 m, la carga litostática $\sigma_1 \sim \sigma_v = 30 \times 0,025$
 $\text{MN/m}^3 = 0,75 \text{ MPa}$

Como $\sigma_c = 70 \text{ MPa}$, entonces $\sigma_c/\sigma_1 = 70/0,75 = 93,3$ Rango de tensiones medias SRF = 1

Por tanto:

$$Q = RQD/J_n \times J_r/J_a \times J_w/SRF$$

$$Q_{\max} = 97/6 \times 1,5/1 \times 1/1 = 24,25 \sim 24$$

$$Q_{\min} = 52/6 \times 1/1 \times 1/1 = 8,67 \sim 9$$

El valor de Q mínimo es muy bajo, por lo que se le considera para la zona de la cámara y el pilar. Los valores máximos representan bien la situación en las galerías generales y anchurones.

Los valores que se evaluarán en el apartado 7.2.4 serán:

Zona de la mina	Vano considerado, en metros	Valor del índice Q
Galerías	1,60 – 2	24
Realces y anchurones en buena roca	5-6	24
Cámara y pilar	4,17	9
Cámara mayor	8	24

Tabla 44: Resumen de los valores medios y rangos analizados en las diferentes zonas de la mina Almanzora.

7.2.4. ANÁLISIS GEOMECÁNICO GLOBAL

Se han analizado desde el punto de vista geomecánico tres minas: Las Gramas inferior, La Vueltona y Almanzora. En la Tabla 45 se resumen los parámetros del índice Q y los grados de estabilidad de dichas minas y galerías analizadas.

Localización		Dimensiones	Calidad Macizo rocoso- Índice Q								Estabilidad
Mina	Sector	Ancho-vano (m)	RQD (%)	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	Código para gráfico	
Mina Almanzora	Galería	1,60	97	6	1,5	1	1	1	24	1	E
	Galería	2	97	6	1,5	1	1	1	24	2	E
	Realces	6	97	6	1,5	1	1	1	24	3	E
	Cámara	8	97	6	1,5	1	1	1	24	4	E
	Pilar	4	52	6	1	1	1	1	9	5	E-P
Las Gramas	Galería	1,9	78	6	3	2	1	1	19,5 ~20	6	E
	Galería-cruce	2,3	45	3x 6	3	2	1	1	3,75 ~4	7	E
La Vueltona	Galería	1,25	82	9	3	2	1	1	14	8	E
	Anchurón entrada	3	82	9	3	2	1	1	14	9	E

Tabla 45: Parámetros característicos y dimensiones evaluadas de las minas analizadas en la zona de estudio. E=Estable, P=ligeras inestabilidades

Si analizamos los parámetros en la Tabla 45 del índice Q de las minas estudiadas, éstas cumplen con los requisitos dados por Barton (1976) para estabilidad permanente de huecos subterráneos sin sostenimiento (Tabla 11).

En el gráfico de la Figura 206 se han introducido como puntos las estaciones consideradas en el análisis particular de las minas de Áliva – Lloroza (calidad de la roca en abscisas y ancho en ordenadas). El gráfico muestra que todas las minas son estables. Las galerías, por

tener anchos mucho más pequeños (menores de 2 m), son las más estables, con Factores de Seguridad claramente mayores de 1,3. En la zona de factor de Seguridad 1,2 se sitúa el pilar de mina Almanzora y el realce; con un valor FS= 1,1 se encuentra la cámara de 8 m de ancho de la mina Almanzora. Todas las galerías y cámaras cumplen el requisito de Houghton y Stacey (1980) de tener un factor de seguridad de 1,2 para galerías en obras civiles sin sostenimiento.

La línea roja muestra el límite entre excavaciones sugerido por Barton *et al.* (1980), estables e inestables hechas por el hombre, sin incluir las cavidades naturales. Las líneas discontinuas negras indican los diferentes factores de seguridad sugeridos por Houghton y Stacey (1980) para excavaciones sin sostenimiento.

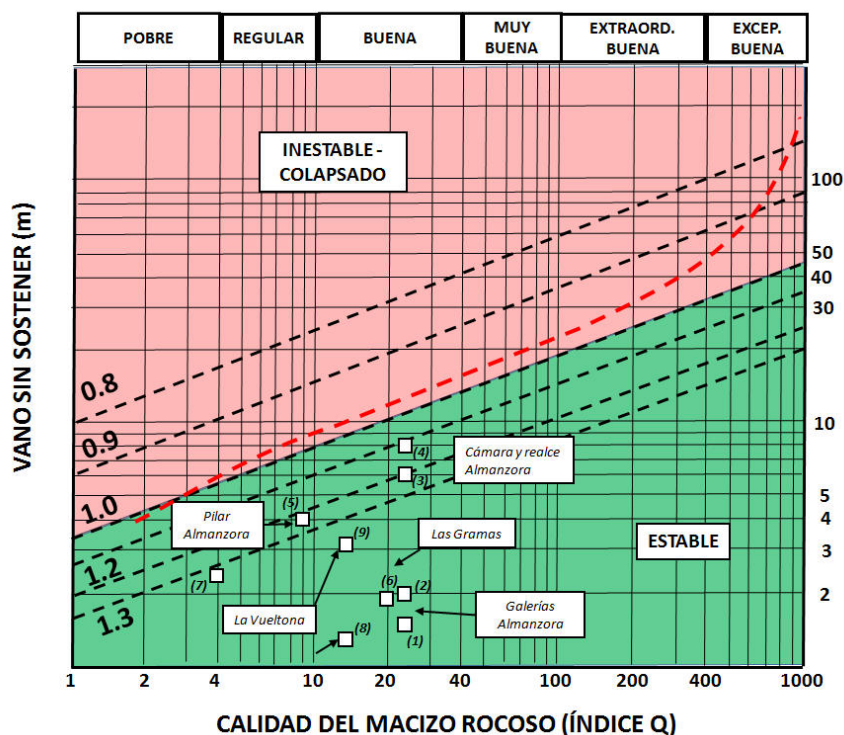


Figura 206: Situación de las minas estudiadas en el Macizo Central con respecto a los gráficos de la estabilidad de excavaciones subterráneas sin sostenimiento (modificado de Barton *et al.*, 1980; Houghton y Stacey, 1980).

8. VALORACIÓN PATRIMONIAL DEL DE ESTUDIO

Una vez realizado los inventarios exteriores y subterráneos y antes de exponer las propuestas de conservación y gestión, tanto desde el punto de vista patrimonial como del de seguridad, es necesario proceder a la clasificación de los elementos y a la valoración de las labores mineras para identificar aquellos puntos o zonas en las cuales proceda a realizar algún tipo de intervención. La ausencia de un consenso para la identificación y valoración del patrimonio minero (Alberruche *et al.*, 2012) es lo que ha llevado a elaborar una serie de criterios de valoración, que en el caso de esta Tesis Doctoral abarcan no solo una identificación de las labores con un carácter global, sino además una valoración individualizada de los elementos como se ha indicado en el capítulo 5. La valoración que se describe a continuación, se basa en esos criterios establecidos.

8.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS CON VALOR PATRIMONIAL

De los elementos que se han identificado en los trabajos de campo como de valor patrimonial medio, alto o muy alto, se pasa a una puntuación selectiva en base a los criterios descritos en el capítulo 5.1 para clasificarlos como Puntos de Interés Geológicos o Mineros (PIG o PIM), susceptibles de ser integrados dentro de una zona visitable mayor o si, por el contrario, no alcanzan suficiente interés o es muy difícil su puesta en valor.

En primer lugar, se ha clasificado a cada uno de los elementos según su tipo de valor patrimonial: edificaciones mineras (ME), métodos de laboreo (ML), metalogenia (MT), estructuras geológicas vinculadas a la mineralización (GM), elementos geológicos estructurales, geomorfológicos, litológicos o paleontológicos existentes en las labores (GG) o elementos geológicos de neoformación (GN). Algunos elementos pueden comprender varios tipos a la vez. Una valoración más global de las labores es la que indicará en base a la cercanía o frecuencia del tipo de elementos y si puede o no considerarse su puesta en valor.

Algunos elementos muestran condiciones particulares ya que es la suma de los cinco factores (estado de conservación, accesibilidad, condiciones de observación, interés docente e interés científico) la que marca la valoración final. A continuación, se muestran las diferentes valoraciones de los elementos inventariados y su clasificación:

8.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SECTOR DE FUENTE DÉ

El sector de Fuente Dé comprende dos labores subterráneas, una de las cuales, es un trabajo exploratorio y la otra la denominada mina Ya Salió. Ambas se sitúan en una zona abrupta de difícil acceso, a excepción de los restos de la infraestructura inferior del cable. El estado de conservación de las edificaciones es bastante bueno a pesar de los años de abandono, identificándose la utilidad original de las mismas en casi todos los casos. Las condiciones de observación una vez situados junto a los elementos son bastante buenas, menos la parte superior del cable, ubicada sobre un acantilado. En general, los huecos mineros con sus frentes de explotación no resultan de gran interés debido a sus pequeñas dimensiones. En el caso de la galería G1 es simplemente una labor exploratoria. En la Tabla 46 se muestra la puntuación otorgada a los elementos principales.

Como puede observarse en dicha Tabla, de entre los restos mineros que se encuentran actualmente en esta zona destaca sin duda el cable de la mina, el mejor conservado de los presentes en el área de estudio, a pesar de los años de abandono. Además, por su situación en las proximidades del Parador Nacional, junto al aparcamiento del teleférico, es un elemento muy accesible y atractivo para cualquier clase de visitante.

	Fuente Dé						
Elemento	G1	G2	G3	G4	ED1	ED2	ED4
Tipo Patrimonial	ML	ML GG	ML GG	ML GG	ME	ME	ME
Estado de conservación							
4							
3	3				3	3	3
2		2	2	2			
1							
0							
Accesibilidad							
4							
3					3		
2							
1		1	1	1		1	1
0	0						
Condiciones de observación							
4	4	4	4	4	4	4	
3							3
2							
1							
0							
Interés docente							
4							
3					3		3
2	2	2	2	2		2	
1							
0							
Interés científico							
4							
3					3		3
2		2	2	2		2	
1	1						
0							
Suma- puntuación	10	11	11	11	16	12	13
mayor de 15	Punto de Interés Geológico o Minero						
10 a 15	Elemento susceptible de ser puesto en valor						
menor de 10	Elemento de escaso interés						

Tabla 46: Valoración de los elementos del sector de Fuente Dé. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).

8.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SECTOR DE LLOROZA

Las minas del Sector de Lloroza son labores abandonadas hace más de 70 años, por lo que en general no presentan un estado de conservación bueno. Existe un camino transitable por vehículos 4x4 que conduce a las principales labores de Las Gramas, siendo el acceso al resto de las explotaciones bastante dificultoso. Las condiciones de observación son en casi todos los casos muy buenas.

Se trata de elementos poco didácticos para un público general y salvo algunas excepciones, con poco interés científico. La Tabla 47 muestra la valoración realizado de los distintos elementos.

	Gramas																				H.S.Tierra				Altaiz						C. San Luis		
Elemento	E2	E8	E21	E11	E19	Z1	G1	G2	G3	G4	G5	G6	P7	P8	P9	P10	P13	ED1	C1	C2	G1	G2	G4	C1	G1	G2	G3	G4	ED3	C1	Z3	G2	G3
Tipo Patrimonial	GM	GM	GM	GM MT	GM	ML GM	ML MT GG	ML GG	ML MT	ML GG	ML/GG ME/GN	ML GT	ML GG GN	ML GG GN	MT GG	MT GG	ML GG	ME	ME	ME	ML	ML	ML	ME	ML	ML	ML/MT	ML/MT	ME	ME	ML	ML/MT	ML
Estado de conservación																																	
4							4				4								4	4			4										
3						3			3			3		3			3								3	3	3	3		3	3	3	
2	2	2	2	2				2		2			2		2	2		2				2	2	2									2
1					1																							1					
0																																	
Accesibilidad																																	
4																																	
3				3	3		3		3	3	3	3								3	3			3									
2		2												2	2	2	2		2			2	2	2							2	2	2
1	1				1	1		1									1								1	1	1	1	1	1			
0																																	
Condiciones de observación																																	
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4					4*	4	4	4			4	4	4	4	4	4		4	4	4	4
3										3			3	3	3	3						3	3										
2																											2		2				
1																																	
0																																	
Interés docente																																	
4																																	
3		3		3				3			3			3			3		3	3		3		3		3	3	3	3	3			
2	2		2		2	2	2		2	2		2	2		2	2		2				2	2	2		2				2	2	2	2
1																																	
0																																	
Interés científico																																	
4											4			4			4																
3		3		3														3									3						
2	2		2		2	2	2	2	2	2		2	2		2	2						2	2	2		2	2	2		2	2	2	2
1																				1	1			1							1	1	
0																																	
Suma- puntuación	11	14	13	15	10	12	15	12	14	12	18	14	11	15	11	11	15	13	15	15	11	11	12	15	12	13	13	12	11	11	13	12	11
mayor de 15	Punto de Interés Geológico o Minero																																
10 a 15	Elemento susceptible de ser puesto en valor como parte de una zona visitable																																
menor de 10	Elemento de escaso interés o en zona de difícil aprovechamiento																																

Tabla 47: Valoración de los elementos del sector de Lloroza. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).

En la Tabla 47 se observa que un elemento tiene una puntuación superior a 15, por lo que se considera un Punto de Interés Minero. El resto de los elementos tienen una puntuación tal, que serían susceptibles de ser incluidos dentro de otras propuestas integrales.

Este elemento destacable es la galería inferior de Las Gramas, con una gran variedad de tipos patrimoniales en su recorrido.

En el límite nos encontramos con la escombrera E11, la galería G1 (Vueltona), los pozos P8 y P13 como accesos al espectacular recorrido de interior de Las Gramas superior y los dos caminos mineros, en muy buen estado de conservación. El caso de los pozos es particular, puesto que lo que se ha valorado es el recorrido de interior, no los propios pozos. Se han marcado con un asterisco las condiciones de observación ya que se ha valorado ese criterio una vez dentro de la propia galería.

En el Hoyo sin Tierra (a excepción del camino que comparte con Las Gramas) y en la Canal de San Luis no hay ningún elemento de gran valor patrimonial.

En el caso de las minas de Altaiz es la dificultad en el acceso y la peligrosidad de algunas labores la que disminuye el potencial de los elementos de cara a su valoración y clasificación como puntos de interés geológico o minero.

8.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SECTOR DE ÁLIVA

Las minas del Sector de Áliva (principalmente la Canal del Vidrio, Providencia, Mánforas y algunas del Grupo Minero del Duje) estuvieron activas hasta tiempos más recientes, por lo que en general presentan un estado de conservación bueno. A excepción de las labores de la Canal del Vidrio y Marta Navarra, son minas de muy fácil acceso, siendo posible acceder en vehículo a la mayor parte de los elementos. Las condiciones de observación son igualmente buenas en general.

En cuanto al posible interés didáctico y científico, se trata de elementos más bien susceptibles de una utilización docente, aunque algunos de los elementos que encontramos son especialmente singulares y de gran valor científico-técnico. A continuación se muestran las tablas 48, 49, 50 y 51 con la valoración llevada a cabo de los distintos elementos y el análisis de los resultados:

	Canal del Vidrio								Providencia						Mánforas													
Elemento	Z1	G3	P1	ED1	ED2	ED3	ED4	C1	E2	G2	G5	G9	P7	P10	E1	E2	G1	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	ED8	ED9	ED11			
Tipo Patrimonial	MT/GG	ML/MT	ML	ME	ME	ML/ME	ME	ME	GM	ML/MT	ML/MT	ML/GG	ML	ML	GM	MT/ML	ML/GG	ME	ME	ME	MT/ME	MT/ME	MT/ME	MT/ME	ML			
Estado de conservación																												
4							4										4			4			4					
3		3	3			3		3		3	3	3	3	3				3	3		3				3			
2	2			2	2				2							2	2					2		2				
1																												
0																												
Accesibilidad																												
4																												
3				3					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
2					2																				2			
1	1	1					1	1	1																			
0			0																									
Condiciones de observación																												
4				4		4			4			4			4	4	4	4	4	4		4	4	4	4			
3										3	3		3	3							3							
2	2				2		2	2																				
1		1	1																									
0																												
Interés docente																												
4																												
3			3			3	3		3		3	3				3	3		3	3			3		3			
2		2		2	2			2		2			2	2	2	2		2			2	2		2				
1	1																											
0																												
Interés científico																												
4																	4						4					
3			3			3	3				3					3				3	3	3			3			
2		2		2	2			2	2	2		2	2	2	2				2					2				
1	1														1			1										
0																												
Suma- puntuación	7	9	10	13	10	14	13	10	14	13	15	15	13	13	12	15	18	13	15	17	14	14	18	13	15			
mayor de 15	Punto de Interés Geológico o Minero																											
10 a 15	Elemento susceptible de ser puesto en valor como parte de una zona visitable																											
menor de 10	Elemento de escaso interés o en zona de difícil aprovechamiento																											

Tabla 48: Valoración de los elementos de la Canal del Vidrio y las minas Providencia y Mánforas. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).

	Zulema-Bat-Manolita																							
Elemento	Z2	Z3	G4	G5	G6	G7	G8	G10	G12	G13	G14	G15	G17	P7	P8	P9	P13	P14	P15	P17	P18	ED1	A1	A2
Tipo Patrimonial	ML/MT	ML/MT	ML	ML	ML	ML	ML/MT	ML	ML/GG MT/GN	ME	ML/GG MT/GN	ML/GG MT/GN	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ME	GM	GG
Estado de conservación																								
4																						4		
3				3	3			3		3		3	3	3					3				3	3
2	2	2				2	2		2		2				2	2	2	2		2	2	2		
1																								
0																								
Accesibilidad																								
4																								
3	3				3			3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3			3	3	3
2		2	2			2	2	2					2							2	2	2		
1																								
0																								
Condiciones de observación																								
4				4	4				4	4	4	4	4		4	4	4					4	4	4
3	3	3				3	3	3						3				3	3	3	3			
2																								
1																								
0																								
Interés docente																								
4																								
3				3				3	3		3	3						3				3		
2	2	2			2	2	2	2		2			2	2	2	2	2		2	2	2		2	2
1																								
0																								
Interés científico																								
4																								
3									3		3	3												3
2	2	2	2	2	2	2	2	2		2			2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	
1																						1		
0																								
Suma- puntuación	12	11	14	14	11	11	12	14	16	13	16	16	12	13	13	13	12	14	11	11	11	15	14	15
mayor de 15																								
10 a 15																								
menor de 10																								

Tabla 49: Valoración de los elementos de las labores Zulema, Bat y Manolita. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).

Inventario y propuesta de puesta en valor del patrimonio geológico-minero de las minas del Macizo Central de los Picos de Europa (Cantabria)

	Inés																	Berto-Piormorena					Ros.-Poc.	
Elemento	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Z1	Z2	Z3	Z4	G2	G3	P2	A1	A2	G3	G8	P4	P8	P9	G1	G2
Tipo Patrimonial	GG/GM	GM	GM	GG/GM	GM	GG/GM	GM	GM	ML	ML	ML	ML	ML/GM	ML	ML	GG	GG	ML	ML	ML/GG	ML	ML	ML	ML
Estado de conservación																								
4																4	4			4				
3	3			3		3			3				3	3				3	3					
2		2	2		2		2	2		2	2	2			2						2	2	2	2
1																								
0																								
Accesibilidad																								
4																								
3																			3	3	3	3	3	
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					2	2
1																								
0																								
Condiciones de observación																								
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4
3															3									
2																								
1																								
0																								
Interés docente																								
4																								
3	3			3		3			3				3			3	3			3				
2		2	2		2		2	2		2	2	2		2	2			2	2		2	2	2	2
1																								
0																								
Interés científico																								
4																								
3	3								3				3							3				
2		2	2	2	2	2				2	2	2		2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
1							1	1																
0																								
Suma- puntuación	15	12	12	14	12	14	11	11	15	12	12	12	15	13	11	15	15	14	14	17	13	13	12	12
mayor de 15	Punto de Interés Geológico o Minero																							
10 a 15	Elemento susceptible de ser puesto en valor como parte de una zona visitable																							
menor de 10	Elemento de escaso interés o en zona de difícil aprovechamiento																							

Tabla 50: Valoración de los elementos de las labores Inés, Berto-Piormorena y Rosario-Poquito. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).

	Horcadina de Covarrobres																					M.N.
Elemento	E6	E12	E13	E24	G1	G2	G3	G4	G6	G8	G9	G10	G11	G12	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G1	
Tipo Patrimonial	GM	GM	GM	GM	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	
Estado de conservación																						
4																						
3	3	3	3		3	3		3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3			
2				2			2			2										2	2	
1																						
0																						
Accesibilidad																						
4																						
3																						
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1																					1	
0																						
Condiciones de observación																						
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
3																				3	3	
2																						
1																						
0																						
Interés docente																						
4																						
3					3	3											3	3	3			
2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				2	2	
1																						
0																						
Interés científico																						
4																						
3		3	3																			
2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1																						
0																						
Suma- puntuación	13	14	14	12	14	14	12	13	13	12	13	13	13	13	13	13	14	14	14	11	10	
mayor de 15	Punto de Interés Geológico o Minero																					
10 a 15	Elemento susceptible de ser puesto en valor como parte de una zona visitable																					
menor de 10	Elemento de escaso interés o en zona de difícil aprovechamiento																					

Tabla 51: Valoración de los elementos de los grupos mineros de Horcadina de Covarrobres y Marta Navarra. Los elementos se han clasificado, previamente, según su tipo de valor patrimonial (ME, ML, MT, GM, GG, GN).

En la Canal del Vidrio el elemento más destacable es la vivienda de los mineros (ED4), en muy buen estado de conservación; sin embargo, por su difícil acceso y malas condiciones de observación no se califica como un punto de interés minero. Los otros dos elementos con una puntuación alta son la parte inferior del cable (ED1) y el polvorín (ED3). El resto de los elementos tienen una puntuación por debajo o cercana a 10.

En la mina Providencia, destacan la galería G5, con su recorrido de interior de varios niveles y la galería G9, con el afloramiento de calcita espática en su emboquille.

La mina de Las Mánforas, última explotación en cerrar en Picos de Europa es la que más elementos de alto valor agrupa. El buen estado de conservación de los edificios a pesar del abandono permite que sean identificables todos sus usos y constituyen junto con la mina de interior una verdadera escuela de minería, de métodos de laboreo y de tratamiento de mineral. Han sido calificados como PIM, la galería minera (G1) y los edificios de viviendas y planta de tratamiento (ED3 y ED 8).

Las labores mineras Bat-Zulema-Manolita presentan un gran número de elementos de interés aunque por la excepcionalidad de su recorrido se han calificado como PIM las galerías G12, G14 y G15, correspondientes a la mina Almanzora. El afloramiento A2 de la formación Lebeña, es uno de los que mejores condiciones de observación presenta en toda la zona de estudio.

Las labores Inés tienen varios elementos de gran interés como son las escombreras E2, E5 y E7 con buenos ejemplares de esfalerita cristalina, la zanja Z1 con su recorrido de interior final (G1) y los afloramientos de caliza con lapiaces A1 y A2.

Las labores Berto-Piorenena y Rosario-Poquito, de buena accesibilidad y condiciones óptimas de observación presentan, debido a las escasas dimensiones de sus trabajos, pocos elementos relevantes, existiendo en Berto dos galerías mineras con algo de recorrido, pero destacando principalmente el pozo P4 por tratarse del colapso de una dolina rellena debido al corte en su

base por una galería minera, por lo que ha sido calificado como Punto de Interés Geológico-Minero (PIGM).

Cerca de estas labores se localiza el Chalet Real, propiedad de la empresa Asturiana de Zinc S.A., que actualmente sirve de alojamiento a directivos de la compañía. Su estado de conservación es excelente, al igual que su accesibilidad, condiciones de observación e interés, por lo que aunque no esté dentro de los inventarios de labores, calificaría como PIM.

El gran número de elementos mineros del grupo de Horcadina de Covarrobres cuenta con algunos de interés elevado, como son las escombreras E12 y E13 por la presencia de calaminas acopiadas en su parte superior, las galerías G1 y G2 con cierto recorrido de interior y el conjunto formado por las galerías G18, G19 y G20 situadas junto al propio collado.

El único elemento destacable de la mina Marta Navarra es la galería G1, pero debido principalmente a su difícil acceso, presenta un interés bajo.

8.2. VALORACIÓN PATRIMONIAL DE LAS LABORES MINERAS DE LOS SECTORES DE LLOROZA Y DE ÁLIVA

Para la valoración patrimonial del conjunto de las labores mineras de cada sector, se procederá a clasificarlos, una vez identificados los elementos destacables de cada labor, según los criterios establecidos en el capítulo 2.7.3 de la presente investigación. El sector de Fuente Dé se ha descartado por la ubicación en una zona escarpada de la mayor parte de los elementos.

Abundancia o rareza

Tanto las minas de Las Gramas como Las Mánforas, son únicas en el sector. En el caso de la primera, por el soplo que conecta la parte superior de la mina con la galería de arrastre inferior. El soplo de Las Gramas no solo es de los más espectaculares del Parque, sino que puede considerarse como uno de los más importantes y documentados en la minería reciente en el ámbito nacional. En el caso de Las Mánforas, es la única mina en la que se observa las plantas de tratamiento del mineral y los casetones del conjunto de dependencias mineras, los que sirven además para comprender como fue la vida diaria en esta remota y aislada mina.

Las minas de Altaiz y las labores de la Canal del Vidrio son las únicas en la zona que cuentan con los restos de un cable para el transporte del mineral, además de restos de edificaciones, labores mineras y caminos tallados en la roca.

El resto de las labores muestran una tipología muy común en el área de estudio. En el caso de San Luis, Canal de San Luis y Marta Navarra, mucho más sencilla, al tratarse prácticamente de zanjás exploratorias y pequeñas galerías.

Dimensiones de las labores

Todas las labores mineras son de pequeño tamaño, siendo los elementos que en ellas se encuentran de dimensiones principalmente decamétricas, a excepción de las de San Luis, Canal de San Luis y Marta Navarra, que son métricas.

Grado de conocimiento científico o investigaciones sobre el tema

Sin duda, las labores más investigadas son las de Las Mánforas. La mayoría de los trabajos están relacionados principalmente con la metalogenia o la mineralogía. Destaca la tesis doctoral de Fernando Gómez (Gómez, 1992) o los artículos en revistas internacionales de Luque *et al.* (1990), Sainz y García (1996) y Gómez *et al.* (2000). Existen referencias a esta mina en las tesis doctorales de González-Trueba (2007) y Blanco (2011).

Las minas de Las Gramas han sido investigadas tanto desde el punto de vista espeleológico (zona de campo base de grupos francés y el CES Alfa español durante más de 15 años), como de la interacción entre la minería y el karst, destacando las referencias que se hacen en la publicación “Estudio de criaderos minerales de la Provincia de Santander” (Mazarrasa, 1930). Las otras las labores valoradas, existen trabajos principalmente de Altaiz, Zulema-Bat-Manolita, Berto-Piomorena y Rosario-Poquito (Jordá *et al.*, 2008, Jordá, 2009 y Jordá y Jordá-Bordehore, 2011). Del resto hay escasas referencias y se están haciendo algunos estudios, tanto desde el punto de vista de seguridad minera como de puesta en valor.

Representatividad de la actividad minera

La mina de Las Mánforas es la que mejor representa la actividad minera moderna, entendida ésta desde el siglo XX, puesto que podemos observar los restos de las campañas de sondeos de exploración, frentes y tajos mineros, instalaciones de tratamiento del mineral, talleres y casetones de los mineros.

El resto de las labores representan varias fases de la actividad minera, destacando en algunos casos las galerías y los frentes de explotación (Gramas, Hoyo sin Tierra, Providencia, Horcadina de Covarrobres, Zulema-Bat-Manolita, Inés y Berto-Piomorena) y en otros, el transporte (Altaiz y Canal del Vidrio). Las labores de la Canal del Vidrio, aunque de reducidas dimensiones, representan bien la actividad extractiva. Son típicas labores de interior de principios del siglo XX.

Diversidad de elementos de interés presentes

Las labores con mayor diversidad de elementos de interés, como se ha podido ver en el capítulo anterior, son las de Las Gramas, Las Mánforas y Zulema-Bat-Manolita. Les siguen las de la Canal del Vidrio. Con tres elementos de interés están las labores de Altaiz, Providencia, Inés y Horcadina de Covarrobres. Con dos, Hoyo sin Tierra, Canal de San Luis y Berto-Piomorena. Con solo una, San Luis, Rosario-Poquito y Marta Navarra.

Edad de la explotación

Las únicas minas de las que se tienen referencias anteriores al siglo XIX, son las situadas en la Canal del Vidrio. El resto son todas de los siglos XIX y XX.

Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural

Todas las labores se localizan en un paraje natural de primer orden, como corresponde al Parque Nacional de los Picos de Europa. Las situadas en el sector de Áliva, se encuentran a menos de cinco kilómetros de un elemento del patrimonio cultural muy frecuentado por los visitantes de la zona: la Ermita de la Santuca de Áliva.

Estado de conservación

En mejor estado de conservación se encuentran las minas de Las Mánforas, donde a pesar del deterioro pueden apreciarse no solo los vestigios de la actividad extractiva sino también del tratamiento del mineral y los habitáculos de los mineros. En buen estado están las galerías mineras de Las Gramas, Hoyo sin Tierra, Altaiz, Horcadina de Covarrobres, Canal del Vidrio, Providencia, Zulema-Bat-Manolita, Inés, Berto-Piomorena. Las que se encuentran en peor estado son las de San Luis, Canal de San Luis, Rosario-Poquito y Marta Navarra.

Condiciones de observación

Todas las minas presentan buenas condiciones de observación a excepción de Altaiz, Canal del Vidrio y Marta Navarra, situadas en una zona con elevada pendiente.

Interés docente

Las labores que mejor ilustran el proceso de la minería en Picos de Europa son, sin duda, la mina de Las Mánforas. Sin embargo, hoy en día esta mina “sólo” puede mostrarnos la parte de vivienda y la planta de procesado y no es factible ningún tipo de estudio sobre lo que es el laboreo minero. En el resto de las labores, el proceso de la minería puede ser bien entendido por un visitante no especializado con una sencilla explicación, a excepción de Hoyo Sin Tierra, San Luis y Marta Navarra, donde su comprensión resulta más difícil.

Interés científico

Las minas con mayor interés son las de Las Mánforas, principalmente por la metalogenia y las mineralizaciones, destacando la esfalerita acaramelada. Las minas de Las Gramas (destacando el soplao) y las de Zulema-Bat-Manolita con el recorrido de la mina Almanzora tienen un interés científico muy alto. Prueba del interés de los ejemplares de esfalerita es la presencia de los mismos en museos de numerosos países como se ha indicado en el capítulo 2 de la presente tesis. Altaiz, Canal del Vidrio, Providencia, Inés y Berto-Piémorena presentan cierto interés, siendo menor en Hoyo sin Tierra, Canal de San Luis, Rosario-Poquito y Horcadina de Covarrobres y nulo en San Luis y Marta Navarra.

Accesibilidad

A excepción de Altaiz, Canal del Vidrio y Marta Navarra, cuyo acceso es difícil, todas las labores cuentan con buena accesibilidad, llegando a Hoyo sin Tierra, San Luis y Canal de San Luis por un camino bien delimitado y, a todas las demás, por caminos transitables en vehículos todo terreno.

Proximidad a zonas recreativas (demanda potencial inmediata)

En este caso, se han considerado como zonas recreativas las áreas frecuentadas por el turismo general, no el especializado en montaña. Estas zonas son la parte superior del Cable de Fuente

Dé y el Hotel-Refugio de Áliva. Las labores de Berto-Piemorena-Rosario-Poquito se localizan a menos de 500 metros del Hotel-Refugio. Entre 500 metros y 2 kilómetros se sitúan el resto de las labores, a excepción de las situadas en Altaiz y Marta Navarra (Figura 207).



Figura 207: Distancias al Mirador del Cable y Hotel Refugio de Áliva. El círculo verde tiene un radio de 500 metros, y los círculos amarillos de 2 kilómetros (base cartográfica de Sigpac).

Infraestructura logística

Las labores situadas en el sector minero de Áliva cuentan con alojamiento y restaurante (Hotel Refugio, Figura 208) para grupos de 40 personas a menos de un kilómetro y las de Lloroza entre uno y cinco kilómetros.



Figura 208: Hotel Refugio de Áliva.

	Las Gramas	H. sin Tierra	Altaiz	San Luis	C. de San Luis	C. del Vidrio	Providencia	Las Manforas	Zul./Bat/Man.	Inés	Ber./Pie.	Ros./Poc.	H. Covarrobres	Marta Nav.
Abundancia o rareza	4	1	3	0	0	3	2	4	2	1	1	1	1	0
Dimensiones de las labores	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Grado de conocimiento científico o investigaciones sobre el tema	3	1	2	1	1	1	2	4	2	1	2	2	1	1
Representatividad de la actividad minera	3	3	3	2	2	3	3	4	3	3	3	2	3	2
Diversidad de elementos de interés presentes	4	1	2	0	1	3	2	4	4	2	1	0	2	0
Edad de la explotación	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3
Estado de conservación	3	3	3	2	2	3	3	4	3	3	3	2	3	2
Condiciones de observación	4	4	1	4	4	1	4	4	4	3	3	3	4	2
Interés docente	2	1	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1
Interés científico	3	1	2	0	1	2	2	4	3	2	2	1	1	0
Accesibilidad	3	2	1	2	2	1	3	3	3	3	3	3	3	1
Proximidad a zonas recreativas (de manda potencial inmediata)	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	3	2
Infraestructura logística	3	3	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3
Suma- puntuacion	42	30	30	23	26	35	38	49	41	35	36	32	35	20
significado														
mayor de 40	Labores con alto potencial de puesta en valor													
35 a 40	Labores con medio potencial de puesta en valor													
menor de 35	Labores con bajo potencial de puesta en valor													

Tabla 52: Valoración patrimonial de las labores mineras en el Macizo Central de los Picos de Europa.

En la Tabla 52 puede verse que las labores con alto potencial de puesta en valor, son las de Las Mánforas, Gramas y Zulema-Bat-Manolita. Estas son las zonas que concentran la mayor cantidad de Puntos de Interés Geológico o Minero, además de tener labores de mayor entidad.

Las labores con medio potencial de puesta en valor son la Canal del Vidrio, principalmente por el buen estado de conservación de algunas de sus edificaciones; Providencia, por los afloramientos y recorridos de interior; Inés por los ejemplares que se localizan en sus escombreras, tanto de crinoideos como de esfalerita y por los recorridos por las labores en zanja e interior; Berto-Piomorena por el pozo en el que se aprecia el colapso de la dolina y por tratarse de las labores más cercanas al Hotel-Refugio de Áliva y por último Horcadina de Covarrobres, que si bien no contiene elementos muy destacables, se localizan próximas a la parte superior del Cable de Fuente Dé, por lo que son las que tienen mayor potencial de afluencia de visitantes.

El resto de las labores, bien por su escasa entidad (San Luis, Canal de San Luis y Marta Navarra), por el mal estado de conservación (Hoyo sin Tierra y Rosario-Poquito) o por su inaccesibilidad (Altaiz), tienen un potencial de puesta en valor bajo.

8.3. VALORACIÓN DE LOS SECTORES DE LLOROZA Y ÁLIVA

Una valoración a nivel más amplio de cada uno de los dos sectores inventariados, nos permite cuantificar globalmente el valor patrimonial de cada uno de ellos. El objetivo de esta valoración es conocer la puntuación que tiene cada sector con el fin de que pudieran ser propuestos o no como Lugares de Interés Minero (LIM), de una forma similar a cómo se califican los Lugares de Interés Geológico, según los trabajos realizados por el IGME (García-Cortés y Carcavilla, 2013). Los indicadores y el modo de valoración que se tendrán en cuenta son los expresados en el capítulo 2.7.4. A continuación se describe la valoración de cada uno de los indicadores, que queda resumida en la Tabla 53 .

Representatividad de la actividad minera

En el sector de Áliva, principalmente en la mina de Las Mánforas están representados todas las fases de la actividad minera: exploración, extractiva y tratamiento del mineral. Así como viviendas de los mineros, tanto en estas labores como en las de la Canal del Vidrio. Los frentes de explotación en el caso de Las Mánforas no son accesibles actualmente, pero en la mina Almanzora del grupo minero del Duje encontramos ejemplos claros de los métodos de laboreo.

En el sector de Lloroza quedan representadas de manera clara las labores de investigación mediante calicatas y pequeños pozos, así como la parte extractiva, siendo buenos ejemplos las galerías de la Vueltona y Las Gramas.

Grado de conocimiento científico o investigaciones sobre el tema

Las principales referencias científicas son del sector de Áliva, vinculada a la mineralogía de las labores de Las Mánforas, ampliamente estudiadas.

En el sector de Lloroza destacan los trabajos realizados en las minas de Las Gramas por los equipos espeleológicos de la Associattion Speleologique Charentaise francesa y el CES Alfa español.

Estado de conservación

Las labores principales de ambos sectores se encuentran en buen estado de conservación, distinguiéndose tanto la utilidad de los elementos mineros como del contexto geológico vinculado a la mineralización.

Condiciones de observación

Todas las labores principales de ambos sectores presentan buenas condiciones de observación.

Abundancia o rareza

Ambos sectores poseen peculiaridades únicas, en Lloroza por el Soplo de Las Gramas y su interacción minera y Las Mánforas tanto por sus labores y patrimonio interior como por las edificaciones exteriores, destacando tanto las viviendas como la planta de tratamiento.

Diversidad de elementos de elementos de interés presentes

En ambos sectores encontramos 5 o más elementos de interés.

Edad de la explotación

El sector de Áliva cuenta con referencias del siglo XVI sobre indicios metálicos en las inmediaciones de Peña Vieja, en la Canal del Vidrio. Las labores del sector de Lloroza tuvieron lugar en los siglos XIX y XX.

Contenido didáctico / uso didáctico detectado

Los dos sectores muestran el contexto geológico de las minas, como era el laboreo y, en parte, el tratamiento del mineral y el modo de vida de los mineros. Desde el punto de vista de la comprensión didáctica es una temática asequible para ilustrar los procesos a cualquier nivel curricular.

Infraestructura logística

Las labores situadas en el sector minero de Áliva cuentan con alojamiento y restaurante (Hotel-Refugio de Áliva) para grupos de 40 personas a menos de 1 km. y las de Lloroza entre 1 y 5 kilómetros.

Densidad de población (demanda potencial inmediata)

El área en el que se encuentran ambos sectores es recorrida por cerca de 600.000 visitantes al año (Santori López, 2013).

Accesibilidad

Ambos sectores cuentan con caminos transitables en vehículos todo terreno para acceder a las principales labores.

Dimensiones de las labores

Las principales labores de ambos sectores son de pequeño tamaño, siendo los elementos que en ellas se encuentra de dimensiones principalmente decamétricas.

Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural

Ambos sectores, se localizan en un paraje natural de primer orden como corresponde al Parque Nacional de los Picos de Europa. El sector de Áliva, se encuentra a menos de cinco kilómetros de la Ermita de la Santuca de Áliva.

Espectacularidad o belleza

Tanto el sector de Lloroza como el de Áliva están situados en una zona de amplitud de relieve alta que le otorga espectacularidad, existe una variedad cromática notable y minerales muy singulares como la esfalerita.

Contenido divulgativo / uso divulgativo detectado

El sector de Áliva, principalmente por los vestigios de la mina de Las Mánforas, puede ilustrar de manera clara y precisa a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la minería. En el caso de Lloroza, a un colectivo de cierto nivel cultural, principalmente la asociación de minería y karst, que es lo más destacable de la zona.

Proximidad a zonas recreativas (demanda potencial inmediata)

Los dos sectores se localizan en una zona con actividades turísticas y recreativas.

Entorno socio-económico

La comarca donde se emplaza la zona de estudio cuenta, según el Servicio Cántabro de Empleo, perteneciente a la Consejería de Economía, Hacienda y Empleo del Gobierno Cántabro, con índices de renta per cápita, educación y ocupación similares a la media regional, pero inferiores a la media nacional (el paro en el segundo semestre de 2015 es de 16,13% en hombres y 20,5% en mujeres en Cantabria, frente al 20,96% y 24,01% respectivamente en España).

Representatividad de la actividad minera							
4	Los elementos que se conservan representan la totalidad de la actividad minera						
3	Los elementos que se conservan representan algunas fases de la actividad minera						
2	Los elementos que se conservan muestran la metalogenia o estructuras geológicas vinculadas						
1	Se intuye algunas fases de la actividad con los elementos que se conservan						
0	Los elementos que se conservan difícilmente pueden asociarse con la actividad						
Grado de conocimiento científico o investigaciones sobre el tema							
4	Investigado por equipos científicos y objeto tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas internacionales						
3	Investigado por equipos científicos y objeto de tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas nacionales						
2	Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre las labores						
1	Se están realizando actualmente las primeras investigaciones en las labores						
0	No existen trabajos publicados ni tesis doctorales sobre las labores						
Estado de conservación							
4	En perfecto estado de conservación						
3	Se pueden distinguir la utilidad del elemento minero o se aprecia bien el contexto geológico						
2	Se intuye la utilidad del elemento minero o el contexto geológico						
1	Parcialmente destruido o cubierto de materiales sueltos						
0	Sólo queda el enclave o se encuentra tapado por materiales sueltos						

Tabla 53: Valoración de los sectores mineros de Áliva y Lloroza.

Condiciones de observación							
4	El visitante puede situarse junto a los elementos de forma cómoda y sin peligro						
3	Los elementos se observan comodamente, sin peligro pero a una distancia mayor a 10 metros						
2	Los elementos se observan sin peligro pero no existe una zona cómoda para el visitante						
1	Los elementos no se observan completos sin que exista peligro para el visitante						
0	La zona de observación presenta un peligro para el visitante						
Abundancia o rareza							
4	Solamente existe un lugar/ejemplo en el Área de Estudio						
3	Hay otro ejemplo en el Área de Estudio						
2	3 - 5 ejemplos						
1	5 - 10 ejemplos						
0	> 10 ejemplos						
Diversidad de elementos de interés presentes							
4	Las labores presentan 5 o 6 elementos de interés (ME, ML, MT, GM, GC, GN)						
3	Las labores presentan cuatro elementos de interés						
2	Las labores presentan tres elementos de interés						
1	Las labores presentan dos elementos de interés						
0	Las labores sólo presentan un elemento de interés						
Edad de la explotación							
4	Referencias históricas o vestigios mineros de edad prehistóricas o Antigua						
3	Referencias históricas o vestigios mineros de edad medieval o moderna						
2	Referencias históricas o vestigios mineros del siglo XIX						
1	Referencias históricas o vestigios mineros del siglo XX						
0	Actividad iniciada en el siglo XXI						
Contenido didáctico / uso didáctico detectado							
4	Está siendo utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo						
3	Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo o está siendo utilizado en actividades didácticas universitarias						
2	Ilustra contenidos curriculares universitarios						
1	Ilustra contenidos curriculares de otros niveles educativos						
0	No cumple, por defecto, con las cuatro premisas anteriores						
Infraestructura logística							
4	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 1 km						
3	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km						
2	Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km						
1	Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km						
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas						
Densidad de población (demanda potencial inmediata) *1							
4	Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km						
3	Entre 500.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km						
2	Entre 200.000 y 500.000 habitantes en un radio de 50 km						
1	Entre 100.000 y 200.000 habitantes en un radio de 50 km						
0	Menos de 100.000 habitantes en un radio de 50 km						
Accesibilidad							
4	Se puede llegar con un turismo fácilmente						
3	Se accede por una pista apta para vehículos 4x4						
2	Se accede a pie por un sendero bien marcado						
1	Se accede por un sendero dificultoso						
0	No tiene acceso por sendero						
Dimensiones de las labores							
4	Elementos kilométricos principalmente (difícilmente deteriorables por actividades humanas)						
3	Elementos hectométricos principalmente (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas)						
2	Elementos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas)						
1	Elementos métricos (no vulnerables por las visitas)						
0	Elementos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.)						

Tabla 53 (continuación): Valoración de los sectores mineros de Áliva y Lloroza.

Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural							
4	Presencia de varios elementos tanto del patrimonio natural como del cultural en un radio de 5 km						
3	Presencia de varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km						
2	Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km						
1	Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 10 km						
0	No existen elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 10 km						
Espectacularidad o belleza							
4	Coincidencia de las cuatro siguientes características: 1) Amplitud de relieve alta 2) cursos fluviales caudalosos/grandes láminas de agua (o hielo) 3) variedad cromática notable 4) fósiles y/o minerales vistosos						
3	Coincidencia de tres características						
2	Coincidencia de dos características						
1	Existencia de una de las cuatro características						
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas						
Contenido divulgativo / uso divulgativo detectado							
4	Está siendo utilizado habitualmente para actividades divulgativas						
3	Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la Minería						
2	Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cierto nivel cultural						
1	Se intuye la utilidad del elemento minero o el contexto geológico para un colectivo de cierto nivel cultural						
0	No cumple, por defecto, con las cuatro anteriores premisas						
Potencialidad para realizar actividades turísticas y recreativas							
4	Existen actividades turísticas y recreativas						
3	Existen actividades turísticas o recreativas						
2	Posibilidades turísticas y posibilidad de realizar actividades recreativas						
1	Posibilidades turísticas o bien posibilidad de realizar actividades recreativas						
0	Sin posibilidades turísticas ni de realizar actividades recreativas						
Proximidad a zonas recreativas (demanda potencial inmediata)							
4	Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa (campings, playas, etc.)						
3	Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa						
2	Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas						
1	Lugar situado a menos de 10 km y más de 5 km de áreas recreativas						
0	Lugar situado a más de 10 km de áreas recreativas						
Entorno socioeconómico							
4	Lugar situado en comarca minera con declive socioeconómico						
3	Lugar situado en comarca con declive socioeconómico						
2	Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación inferiores a la media regional						
1	Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación similares a la media regional pero inferiores a la media nacional						
0	Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación superiores a la media regional						
	ÁLIVA			VALORACIÓN LLOROZA		53	
	LLOROZA			VALORACIÓN ÁLIVA		59	
	AMBOS SECTORES						

Tabla 53 (continuación): Valoración de los sectores mineros de Áliva y Lloroza.

Como se muestra en la Tabla 53, el sector de Áliva cuenta con una valoración superior al de Lloroza (59 frente a 53 sobre 72 puntos totales), debido principalmente a la mina de Las Mánforas, sin duda las labores más conocidas del Macizo Central.

8.4. PATRIMONIO GEOLÓGICO Y MINERO DE LAS MINAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

En la zona de estudio ya se han realizado algunos trabajos relacionados con el patrimonio geológico. Se encuentran inventariados 7 LIG's dentro del inventario de Lugares de Interés Geológico (LIG's) elaborado por el IGME y 6 de los 22 Lugares de Interés Geomorfológico catalogados por González-Trueba y Serrano (2008a). Faltaría para completar el contexto patrimonial geológico-minero de la zona, incluir el inventario de los elementos propiamente mineros.

8.4.1. PUNTOS DE INTERÉS MINERO

En primer lugar debería contemplarse una definición de Puntos de Interés Minero (PIM). Si nos fijamos en los trabajos de patrimonio geológico encontramos la utilización del término Puntos de Interés Geológico desde el primer inventario realizado por el IGME (Duque *et al.*, 1978). Es a partir de la Ley 42/2007 cuando se empieza a generalizar el término Lugares de Interés Geológico. Actualmente se emplea el término Lugar en vez de Punto, al entenderse la geología como algo que no puede comprenderse sin un contexto que lo rodea y no como algo puntual.

Aplicado a la minería y al patrimonio minero, dado que en muchos casos se trata de elementos más asociados al patrimonio cultural que al natural (aunque sus orígenes estén íntimamente ligados a la geología) si cabe aplicar el término “Puntos”, principalmente a la hora de valorar elementos singulares. No es incompatible a nuestro entender el empleo de ambos términos e incluso su coexistencia. Un solo elemento singular, que pueda ser catalogado como PIM no implica que de un valor a todo un lugar y puede incluso que los vestigios que estén en su entorno por su estado de conservación, no contengan valor patrimonial. Hasta el punto que en algunos casos no se entienda el entorno minero a pesar de existir algún elemento destacado (PIM). Un ejemplo de esto pueden ser los vestigios de edificaciones mineras en una comarca minera restaurada. Los edificios pueden tener un gran valor patrimonial y sin embargo el

contexto minero en sí, podría no entenderse solo con edificaciones. Otro caso podrían ser los elementos mineros separados de la propia explotación. Encontramos un caso como éste en la propia comunidad de Cantabria, con el cargadero mineral de Mioño en Castro Urdiales.

A la hora de definir los PIM's nos fijaremos en la definición de los PIG's (Gallego y García-Cortes, 1996):

“Área que muestra una o varias características consideradas de importancia dentro de la historia geológica de una región natural”.

Como ya se ha indicado, en el caso del patrimonio minero, no tiene porqué implicar un área, sino más bien un elemento; adicionalmente, puede o no estar en la misma región (aunque sí vinculada a ella), por lo que habría que destacar más el aspecto histórico/cultural que el geográfico. Podemos establecer como definición de PIM:

Elemento que muestra una o varias características notables y significativas en el contexto de una comarca minera o región cuya actividad histórica haya sido la minería.

Como se indicó en el capítulo 6, en el área de estudio se han identificado un total de 417 elementos, 13 en Fuente Dé, 102 en Lloroza y 302 en Áliva. En las figuras siguientes se representan para cada tipo de elemento, el número total existente en cada sector, los que tienen valor patrimonial y los que son considerados como PIG o PIM.

Escombreras

De las 121 escombreras inventariadas, se han identificado 5 con valor patrimonial en Lloroza y 11 en Áliva (Figura 209); ninguna de ellas ha sido considerada por su baja valoración como PIM.

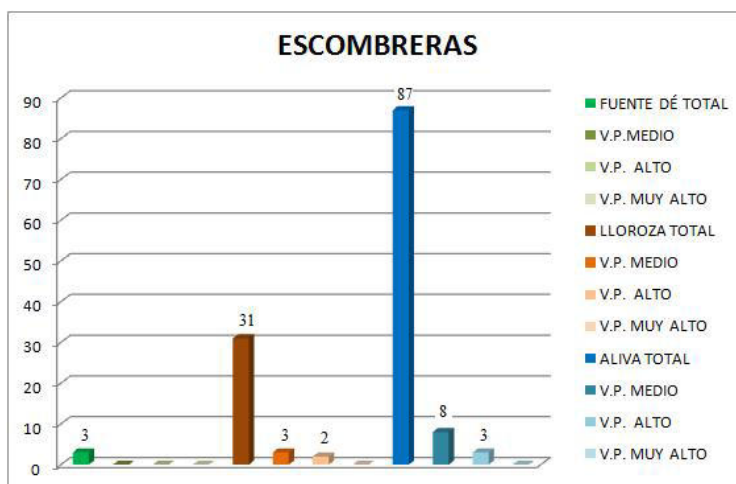


Figura 209: Histograma de frecuencias para las escombreras inventariadas por sectores, indicando aquellas con valor patrimonial.

Zanjas

Se han inventariado 58 zanjas en el área de estudio, 4 con valor patrimonial en Lloroza y 7 en Áliva (Figura 210). Ninguna se ha considerado como PIM.

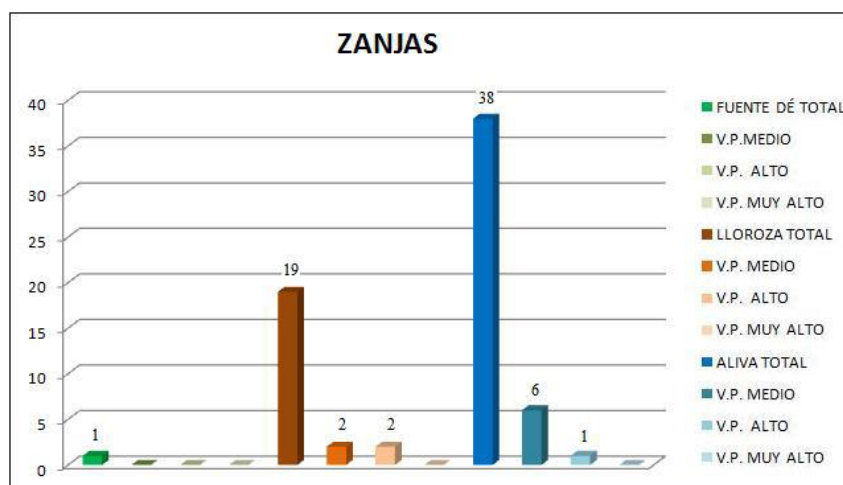


Figura 210: Histograma de frecuencias para las zanjas inventariadas por sectores, indicándose aquellas con valor patrimonial.

Socavones

De los 25 socavones inventariados, todos ellos en el sector de Áliva, ninguno posee valor patrimonial destacable (Figura 211).

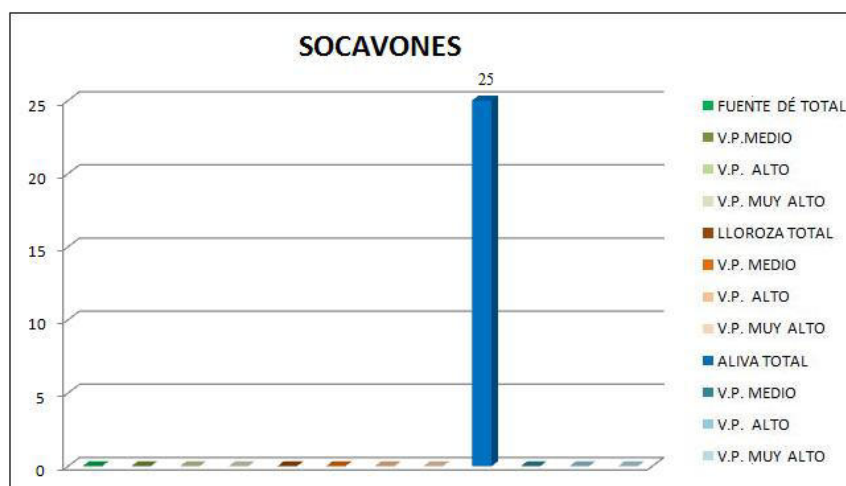


Figura 211: Histograma de frecuencias para los socavones inventariados por sectores.

Galerías

De las 92 galerías inventariadas, 4 cuentan con valor patrimonial en Fuente Dé, 12 en Lloroza y 40 en Áliva (Figura 212).

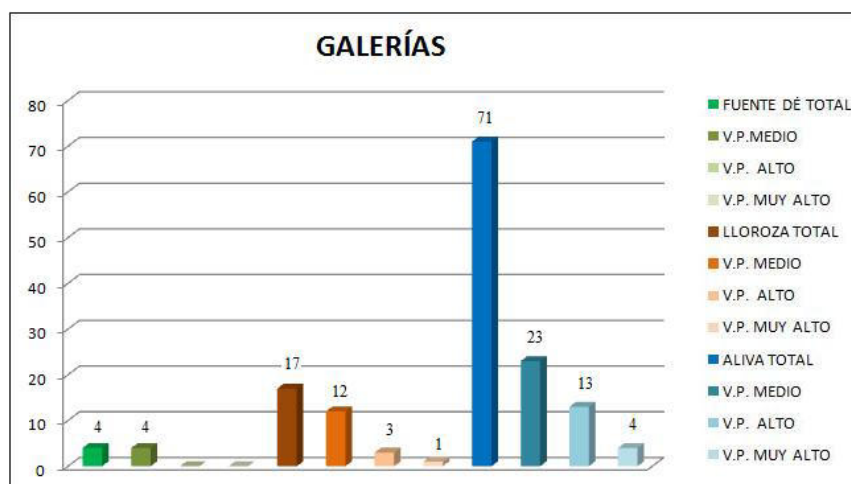


Figura 212: Histograma de frecuencias para las galerías inventariadas por sectores, indicándose aquellas con valor patrimonial.

Como Puntos de Interés Minero, están, en Lloroza, Las Gramas inferior; en el sector de Áliva, la galería de Las Mánforas y la mina Almanzora. En este último caso, las galerías G12, G14 y G15 se han agrupado como un solo PIM, ya que son tres accesos distintos a un mismo recorrido interior.

Pozos

Se han inventariado 69 pozos, de los que 5 en Lloroza y 15 en Áliva cuentan con valor patrimonial (Figura 213). De estos últimos, el P4 de las labores Berto se ha clasificado como PIGM.

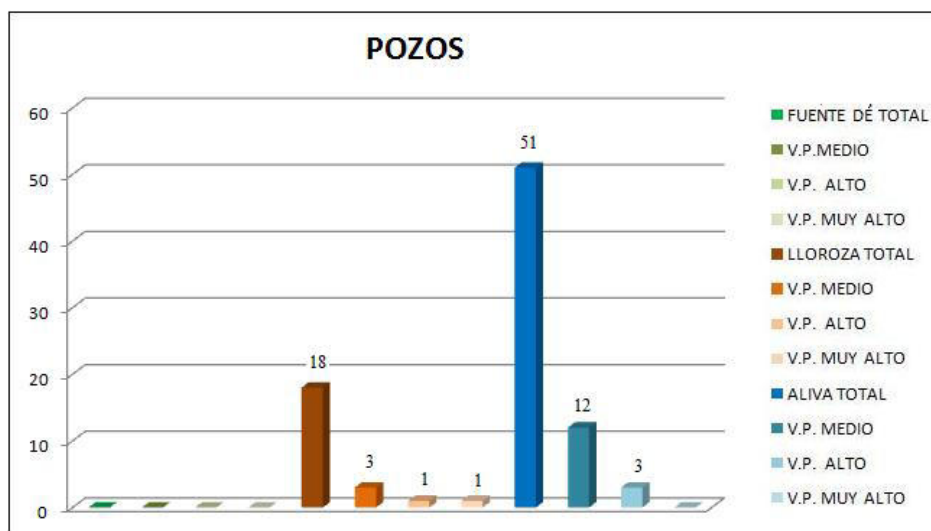


Figura 213: Histograma de frecuencias para los pozos inventariados por sectores, indicándose aquellos con valor patrimonial.

Edificaciones

De las 36 edificaciones inventariadas, 3 de Fuente Dé, 2 de Lloroza y 13 de Áliva tienen valor patrimonial (Figura 214). La parte inferior del cable de Fuente Dé y dos de las edificaciones de Las Mánforas (las viviendas y la planta de tratamiento) han sido clasificados como PIM's.

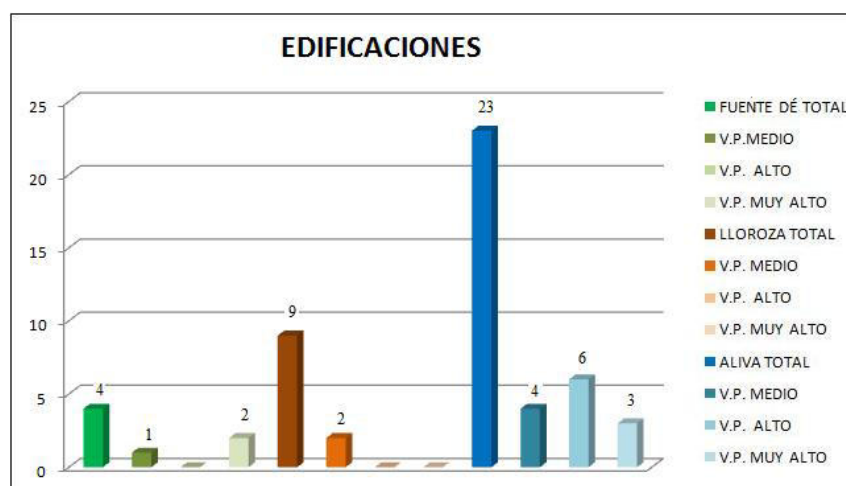


Figura 214: Histograma de frecuencias para las edificaciones inventariadas por sectores, indicándose aquellas con valor patrimonial.

Aunque no está incluido en ninguna de las labores, el Chalet Real, como se ha indicado en el capítulo 9.1, por su vinculación a la minería, estado de conservación, accesibilidad y condiciones de observación, principalmente, se ha considerado como PIM.

Caminos

El camino de Fuente Dé es el único que no posee valor patrimonial. Los cuatro caminos inventariados (Figura 215), 3 en Lloroza y 1 en Áliva cuentan con valor patrimonial.

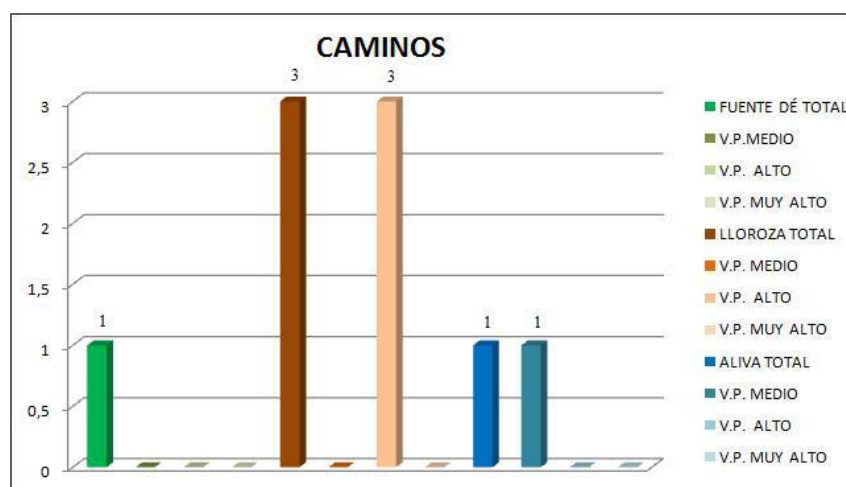


Figura 215: Histograma de frecuencias para los caminos inventariados por sectores, indicándose aquellos con valor patrimonial.

Afloramientos destacados

Se han inventariado 7 afloramientos destacados en las labores mineras, de los cuales 1 en Lloroza y 4 en Áliva cuentan con valor patrimonial (Figura 216).

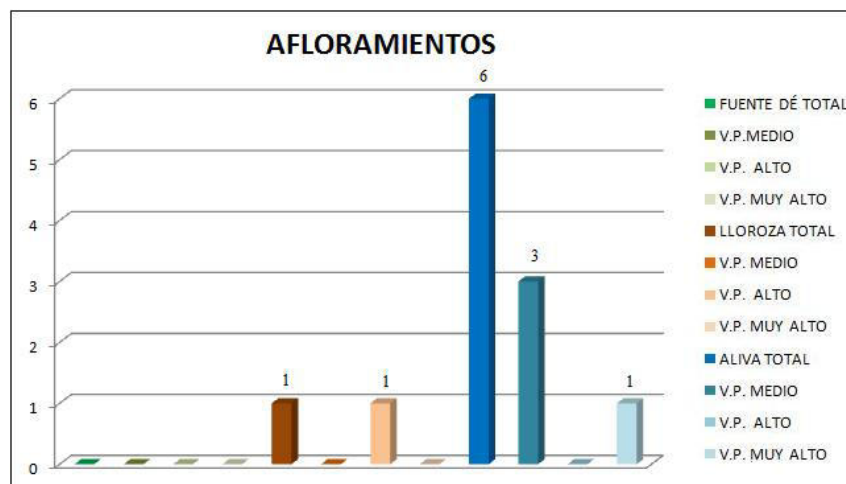


Figura 216: Histograma de frecuencias para los afloramientos destacados inventariados por sectores, indicándose aquellos con valor patrimonial.

En total se han calificado 10 elementos como Puntos de Interés Minero (PIM) o Geológico-Minero (PIG-M):

- Parte inferior del cable de Fuente Dé (ED1-Fuente Dé): PIM
- Gramas inferior (G5-Las Gramas): PIM
- Mina de Las Mánforas (G1-Las Mánforas): PIM
- Edificios de viviendas de Las Mánforas (ED3-Las Mánforas): PIM
- Planta de tratamiento de Las Mánforas (ED8-Las Mánforas): PIM
- Chalet Real: PIM
- Mina Almanzora (G12, G14 y G15-Zulema-Bat-Manolita): PIM
- Pozo P4 de las labores Berto (P4-Berto-Piomorena): PIG-M

8.4.2. LUGARES DE INTERÉS MINERO

Algunas labores mineras pueden presentar un valor patrimonial único en un área determinada. Su estado de conservación, relevancia histórica en la comarca o su potencial divulgativo, les confieren un valor tal que deben considerarse como zonas a preservar y proteger. En el caso de la minería, se propone como figura de protección para estas labores la de Lugares de Interés Minero (LIM). Para el patrimonio geológico, existe un concepto similar (LIG), que puede ser adaptado para el patrimonio histórico-minero. Atendiendo a los criterios establecidos por el IGME para la metodología de la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) (García-Cortes y Carcavilla, 2013), se define un LIG como:

“Lugar de interés, por su carácter único y/o representativo, para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos españoles, incluyendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica. Estas áreas deberán mostrar, de manera suficientemente continua y homogénea en toda su extensión, una o varias características notables y significativas del patrimonio geológico de una región natural”.

En el caso de la definición de unas labores mineras abandonadas como Lugar de Interés Minero (LIM), no puede aplicarse esta definición puesto que el valor patrimonial de una mina no solo está ligado a la geología, sino a la historia y al proceso de prospección, extracción y tratamiento del mineral, así como la vida de los mineros vinculada a dicha actividad.

Por ello, habría que definir en primer lugar que se considera un LIM. Basándose en la definición anterior, un LIM podría establecerse como:

Lugar de interés, por su carácter único y/o representativo, para el estudio e interpretación de la actividad minera, incluyendo las fases de exploración, extracción y/o tratamiento del mineral, así como el contexto social de la comarca y su vinculación con dicha actividad. Estas áreas deberán mostrar, de manera suficientemente clara, una o varias características notables y

significativas del patrimonio minero de una comarca minera o región cuya actividad histórica haya sido la minería.

En los sectores de Lloroza y Áliva, los más extensos y con mayor número de elementos mineros, ambos se localizan en la misma comarca minera, con una historia y con un contexto no solo geológico sino social común. Por tanto, excepto que existan indicadores que confieran a los sectores unas características muy diferentes, se tendrá en cuenta a la hora de la valoración de ambos, la puntuación total establecida, obtenida en el capítulo 8.3.

Como puede verse en la Tabla 53, la valoración resultante para cada uno de los sectores es de 53 para Lloroza y 57 para Áliva. Tras el inventario realizado y su valoración, vemos que en este segundo sector encontramos 8 puntos de interés, 6 puramente mineros de diferentes tipos de elementos (galería y edificaciones), uno mixto (descalce de una dolina) y uno geológico, el afloramiento singular de la Formación Áliva, mientras que en Lloroza el punto a destacar es una galería minera, es decir que la variedad de puntos de interés es mucho menor.

Lo más destacable del sector de Lloroza es la interacción de las galerías mineras con las cavidades kársticas, con uno de los soplaos más espectaculares que pueden encontrarse en el norte de España. Dicha interacción, en menor medida puede apreciarse en algunas labores del sector de Áliva, como son en la mina Almanzora o en las labores Berto. El sector de Áliva representa adecuadamente, en todas las fases, la actividad minera histórica de esta comarca, por lo que podría identificarse como un LIM como se analizará en el capítulo 9.

8.4.3. RECORRIDOS SUBTERRÁNEOS

Para la valoración de los recorridos subterráneos se han tenido en cuenta los mismos criterios que se aplican para la valoración de las labores mineras, con algunas variaciones:

-Se ha suprimido la asociación con elementos de interés, puesto que es un concepto que corresponde a las labores mineras y no al recorrido subterráneo.

-El criterio de dimensiones de las labores, es el siguiente: recorridos de > 1 km, 4 puntos; entre 500 m – 1 km, 3 puntos; entre 100 m – 500 m, 2 puntos; entre 50 m – 100 m 1 punto y recorridos < 50 m, 0 puntos.

-Accesibilidad: se tiene en cuenta, además el acceso al interior del recorrido subterráneo, por lo que labores que estén en rampa tendrán una puntuación de 1 y aquellas cuyo acceso esté cerrado o se necesiten cuerdas, 0 puntos.

Se han valorado todos aquellos recorridos del capítulo 7.1. En la Tabla 54 se resume la puntuación obtenida para cada uno de ellos.

El recorrido que cuenta con mayor puntuación es la mina de Las Mánforas, aunque actualmente, el acceso está completamente cerrado por lo que no es posible realizar ninguna intervención de cara a su puesta en valor. A continuación, los recorridos con mayor potencial de puesta en valor son los de las minas Almanzora y Gramas inferior. Con un potencial intermedio de puesta en valor están la mina de la Vueltona, Gramas superior (la cual solo es accesible mediante técnicas espeleológicas) y la Providencia, siendo el potencial del resto de los recorridos subterráneos bajo.

	F.Dé-Liordes	Ya Salió	Vueltona	Gramas Sup.	Gramas Inf.	Camino Altaiz	Altaiz G3	Altaiz G4	C. San Luis	Providencia	Mánforas	Almanzora	Ines	M. Navarra
Abundancia o rareza	2	2	2	3	3	1	1	2	1	4	4	3	2	1
Dimensiones de las labores	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	4	3	1	1
Grado de conocimiento científico o investigaciones sobre el tema	1	2	2	2	2	0	1	1	0	2	4	2	1	0
Representatividad de la actividad minera	3	3	3	4	4	2	2	3	3	3	4	3	3	2
Diversidad de elementos de interés presentes	1	1	2	3	3	1	1	2	1	1	4	3	2	0
Edad de la explotación	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Estado de conservación	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2
Condiciones de observación	4	3	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4	3	2
Interés docente	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	2	2	1
Interés científico	2	2	1	3	3	1	1	2	1	1	3	3	2	0
Accesibilidad	0	2	3	0	3	1	1	1	2	3	0	3	1	0
Proximidad a zonas recreativas (de demanda potencial inmediata)	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2
Infraestructura logística	4	3	3	3	3	2	2	2	3	4	4	4	4	3
Suma- puntuacion significado	29	29	32	34	37	18	19	24	24	33	42	38	29	16
mayor de 35	Labores con alto potencial de puesta en valor													
30 a 35	Labores con medio potencial de puesta en valor													
menor de 30	Labores con bajo potencial de puesta en valor													

Tabla 54: Valoración patrimonial de los recorridos mineros subterráneos.

8.5. SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN DE LAS LABORES MINERAS

Como se ha indicado en el capítulo metodológico, para el análisis de la susceptibilidad de degradación, se tienen en cuenta tanto la fragilidad de las labores como la vulnerabilidad por amenazas antrópicas. Se han analizado las labores correspondientes a los sectores de Lloroza y Áliva.

En lo referente a la fragilidad, se trata en general de labores de reducidas dimensiones, siendo los elementos principalmente decamétricos o métricos. En lo referente al posible expolio, pocas son las labores que cuentan con elementos naturales destacables de fácil recogida (minerales o fósiles) y menos frecuente aún que existan utensilios o documentación relacionados con la minería, debido a que como norma general éstos son reciclados o expoliados al poco tiempo del cese de la actividad minera. La amenaza por agentes erosivos es mayor en aquellas labores situadas al pie de grandes canales, donde son habituales las caídas de bloques, como ocurre en las labores de Altaiz, Canal del Vidrio o Las Mánforas.

La vulnerabilidad por amenazas antrópicas en general, es la misma en los primeros 4 criterios para todas las labores, al contar toda el área con la misma figura de protección, así como el régimen de propiedad y la agresión potencial por densidad de población. La principal variación está en la accesibilidad a las labores y la cercanía a zonas recreativas.

En la Tabla 55 se resume la puntuación para cada uno de los criterios considerados y la valoración de la fragilidad, vulnerabilidad por amenazas antrópicas y su suma corresponde a la susceptibilidad de degradación. En general las labores son poco susceptibles a la degradación, debido principalmente a que los sectores de estudio están situados en un parque con la máxima figura de protección, en el que no están permitidas actualmente las actividades mineras. Como cabe esperar, las labores menos susceptibles de degradación son aquellas más alejadas y con menos elementos patrimoniales.

Inventario y propuesta de puesta en valor del patrimonio geológico-minero de las minas del Macizo Central de los Picos de Europa (Cantabria)

		Las Gramas	H. sin Tierra	Altaiz	San Luis	C. de San Luis	C. del Vidrio	Providencia	Las Manforas	Zul./Bat/Man.	Inés	Ber./Pie.	Ros./Poc.	H. Covarrobres	Marta Nav.
Fragilidad	Dimensiones de las labores	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
	Vulnerabilidad al expolio	2	0	1	0	0	0	2	2	2	2	0	0	1	0
	Amenazas por deterioro y agentes naturales	1	1	3	1	1	3	2	3	2	1	2	2	1	1
	SUBT. FRAGILIDAD	5	3	6	2	2	5	6	7	6	5	4	4	4	2
Vulnerabilidad por amenazas antrópicas	Proximidad a infraestructuras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Interés para la explotación minera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Régimen de protección del lugar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Protección indirecta	4	2	0	4	3	0	4	4	4	4	4	4	3	0
	Accesibilidad (agresión potencial)	2	1	0	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	0
	Régimen de propiedad del lugar	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Densidad de población (agresión potencial)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Cercanía a zonas recreativas (agresión potencial)	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	3	2
	SUBT. VULNERABILIDAD	17	14	10	15	14	11	17	17	17	17	18	18	16	10
	TOTAL	22	17	16	17	16	16	23	24	23	22	22	22	20	12
mayor de 30	Labores altamente susceptibles a la degradación														
20 a 30	Labores moderadamente susceptibles a la degradación														
menor de 20	Labores poco susceptibles a la degradación														

Tabla 55: Valoración de la susceptibilidad de degradación de las labores mineras.

8.6. PELIGROSIDAD DE LOS VESTIGIOS MINEROS

Uno de los aspectos más importantes a considerar a la hora de la valoración es la peligrosidad de los vestigios mineros. Esta puede darse en muchos de los elementos que los integran (Alberruche *et al.*, 2012):

- En las labores de interior, a menos que estén habilitadas para su recorrido.
- En las labores de exterior o en los accesos a interior pueden producirse desprendimientos o hundimientos.
- En las instalaciones del entorno en función del estado de conservación.
- En los residuos mineros acumulados sobre el terreno pueden tener lugar desprendimientos, deslizamientos, hundimientos, contaminación ambiental, etc.

En principio, cualquier zona minera abandonada es un área potencialmente peligrosa; más aún cuando la mayoría de las labores se cerraron con anterioridad a que existiese una normativa para el cierre de minas. En el área de estudio, debido a la tipología de los yacimientos, la mayor parte de las labores son superficiales o de escasa profundidad, existiendo además de las galerías excavadas para la extracción de mineral, otras que tienen su origen en el colapso de labores poco profundas.

A esto hay que añadir la peligrosidad intrínseca de la zona, en la que numerosas labores se localizan en escarpes rocosos verticales o subverticales, en sectores de riesgo de caídas de bloques o incluso en las proximidades de simas naturales. Además, la propia actividad minera genera zonas inestables que presentan un peligro elevado tanto para los visitantes como para el ganado que pasta en el período estival.

Por este motivo, el vallado y la puesta en seguridad de las labores mineras ha estado presente para las autoridades del Parque Nacional, llevándose a cabo algunas intervenciones desde el año 2009 en el sector de Áliva. No obstante, algunas de estas actuaciones, como ya se ha

mencionado, no han llegado a alcanzar el objetivo de eliminar totalmente el riesgo en algunos de los pozos o galerías, además de alcanzar tan solo a unas decenas de pozos, siendo el número de elementos con peligrosidad mucho más elevado.

En general, se consideran peligrosos todos aquellos pozos y zanjas con más de 1,5 metros de altura, así como las escombreras, socavones, galerías y edificaciones inestables. Los caminos o afloramientos expuestos a caídas también se consideran elementos con riesgo. En las siguientes tablas se resumen los elementos con riesgo medio, alto o muy alto en cada uno de los tres sectores inventariados.

	TOTAL FUENTE DÉ	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO
ESCOBRERA	3	0	0	0
ZANJA	1	0	0	0
SOCAVÓN	0	0	0	0
GALERÍA	4	3	0	0
POZO	0	0	0	0
EDIFICACIÓN	4	0	0	1
CAMINO	1	1	0	0
AFLORAMIENTO	0	0	0	0

Tabla 56: Elementos con riesgo en el sector de Fuente Dé. En rojo los de muy alto riesgo.

	TOTAL LLOROZA	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO
ESCOBRERA	30	1	2	
ZANJA	19	4	2	3
SOCAVÓN	0			
GALERÍA	20	10	2	1
POZO	18		9	7
EDIFICACIÓN	9		2	
CAMINO	3		1	
AFLORAMIENTO	1			

Tabla 57: Elementos con riesgo en el sector de Lloroza. En rojo los de alto y muy alto riesgo.

	TOTAL ALIVA	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO
ESCOBRERA	87	2	1	0
ZANJA	38	14	10	3
SOCAVÓN	25	3	1	0
GALERÍA	71	35	18	4
POZO	51	4	15	15
EDIFICACIÓN	23	4	1	0
CAMINO	1	0	1	0
AFLORAMIENTO	7	0	0	0

Tabla 58: Elementos con riesgo en el sector de Áliva. En rojo los de alto y muy alto riesgo.

Como es de suponer, la mayor peligrosidad corresponde a las zanjas, pozos y galerías, por ser excavaciones verticales en los dos primeros casos y zonas interiores en el último. En la Figura 217 se puede apreciar el número de pozos y galerías con riesgo es similar. Sin embargo, cuando se analizan los elementos con riesgo alto o muy alto, que son los que pueden producir accidentes de cierta consideración, se ve como el número de pozos se mantiene similar, disminuyendo notablemente el valor en el número de galerías, lo que nos da una primera idea de qué zonas son, desde el punto de vista de la seguridad, susceptibles de poner en valor teniendo en cuenta el público general y cuáles deben ser prioritarias en la adopción de medidas para la puesta en seguridad de las labores.

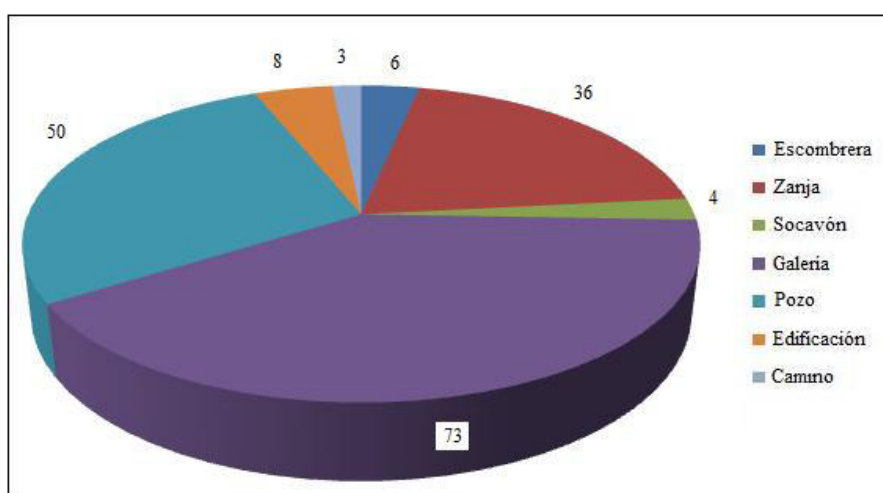


Figura 217: Elementos con riesgo en los sectores mineros inventariados.

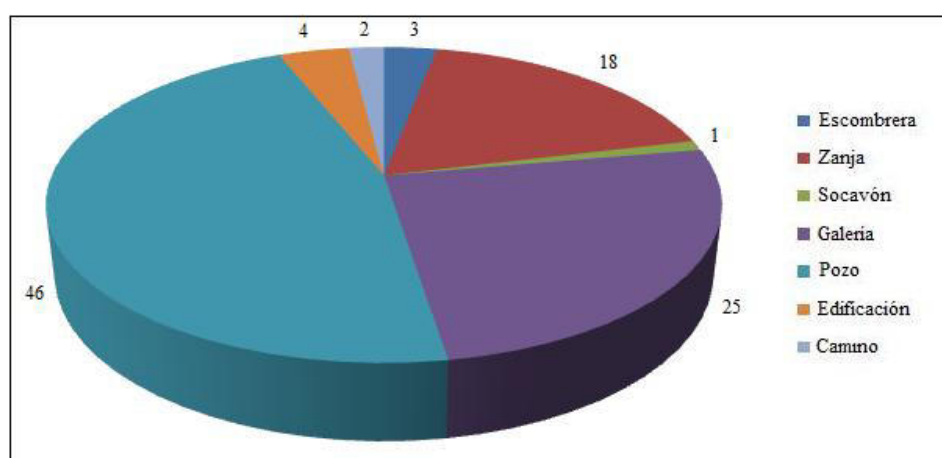


Figura 218: Elementos con riesgo alto o muy alto en los sectores mineros inventariados.

A pesar de existir numerosos elementos con valores de riesgo altos y muy altos, se tiene que tener presente que estamos en una zona de alta montaña, donde ya de por sí, el entorno en general y numerosos recorridos en particular, ofrecen cierto grado de peligrosidad. A esto hay que añadir que gran parte del parque es solo frecuentado por excursionistas experimentados, para los cuales, muchos de estos elementos no representan un riesgo añadido en estos itinerarios. De cara a una propuesta de intervención para minimizar el riesgo para los visitantes, es necesario tener en cuenta las labores situadas en zonas de abundante tránsito y cuyos recorridos sean frecuentados por excursionistas no experimentados en montaña. En la Figura 219 se reflejan los principales caminos e itinerarios que recorren los sectores mineros. Como se puede apreciar, los sectores de Liordes y Fuente Dé no están en zonas de tránsito de un público general, así como las labores de Altaiz, San Luis y Canal de San Luis en Lloroza y Canal del Vidrio y Marta Navarra en Áliva.

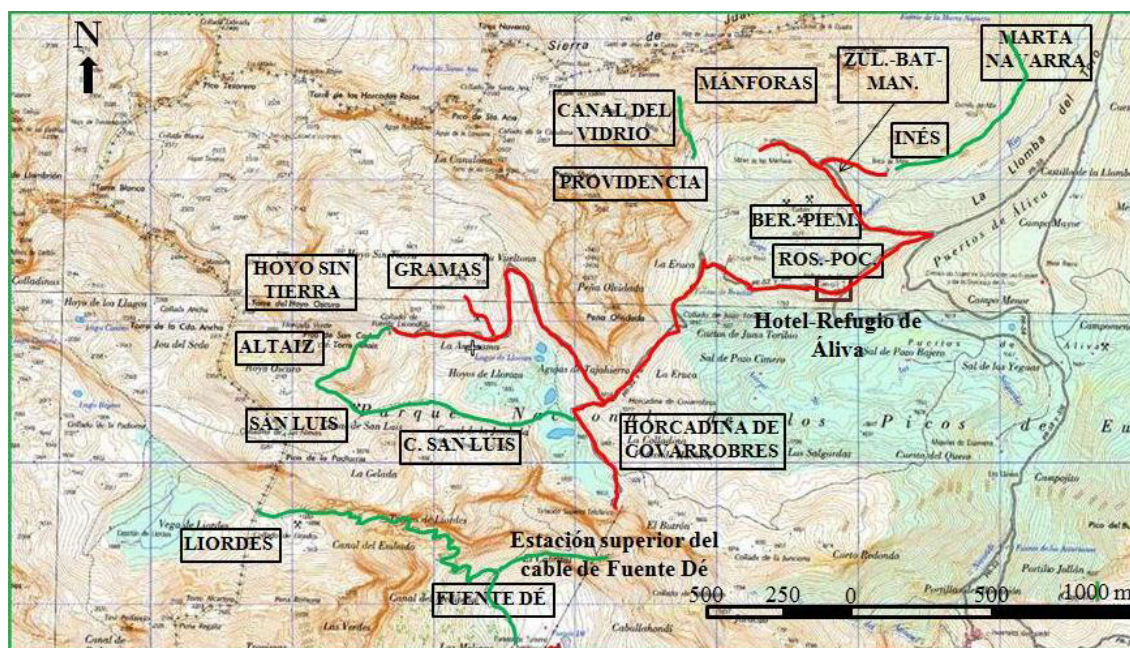


Figura 219: Itinerarios en el área de estudio. En rojo, los asequibles para todos los públicos y más frecuentados por los visitantes. En verde, los de mayor dificultad y poco transitados (base cartográfica de Sigpac).

8.7. POTENCIALIDAD DE USO Y CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

En los capítulos anteriores se ha puesto énfasis en que la zona de estudio contiene gran cantidad de labores mineras, si bien no todas tienen suficiente valor patrimonial de cara a su potencialidad de uso como aprovechamiento turístico. Además, los sectores mineros que presentan menor valor, como es el de Liordes o menor número de elementos, como el caso de Fuente Dé, están en las zonas con menor tránsito de visitantes. Los sectores de Lloroza y Áliva, accesibles desde la parte superior del teleférico o desde los Puertos de Áliva (desde Sotres o Espinama), presentan mayor interés desde el punto de vista del patrimonio geológico y minero y tienen mayor potencialidad de uso, pero la circunstancia de poder ser visitadas por una gran cantidad de excursionistas, puede suponer un gran peligro para éstos.

Como se indicó en el capítulo 8.2, las labores con mayor potencial de puesta en valor son Las Gramas, Las Mánforas y Zulema-Bat-Manolita, las cuales contienen 7 de los 10 puntos de interés de la zona (Figura 220). Estas tres labores por si solas tienen suficientes elementos de interés como para sopesar seriamente su posible aprovechamiento turístico. Con un potencial intermedio están las labores de Horcadina de Covarrobres, Berto-Piomorena, Inés, Providencia y Canal del Vidrio, las cuales podrían ser susceptibles de poner en valor dentro de un aprovechamiento más amplio. Las labores de Hoyo sin Tierra, Altaiz, San Luis, Canal de San Luis, Rosario-Poquito y Marta Navarra, bien por contener pocos elementos de interés o por su difícil acceso tienen poco potencial de puesta en valor. En el caso de Fuente Dé, las labores en sí no presentan un valor alto, tan solo el elemento ED1, parte inferior del cable.

No se considera prioritaria ninguna intervención en aquellas labores situadas en itinerarios de mayor dificultad, excepto la señalización del sitio indicando la existencia y el peligro potencial de los vestigios mineros, así como en aquellos elementos situados en zonas de difícil acceso del resto de las labores. En el resto de huecos que presenten una peligrosidad alta o muy alta, debe acometerse el vallado o cierre de los mismos. Excepcionalmente, puede no llevarse a cabo el cierre de toda la zona, si los huecos mineros pueden ser rellenados con el material de las

escombreras cercanas, ya que con este segundo método se puede minimizar además, el impacto visual de las minas en el paisaje exterior.

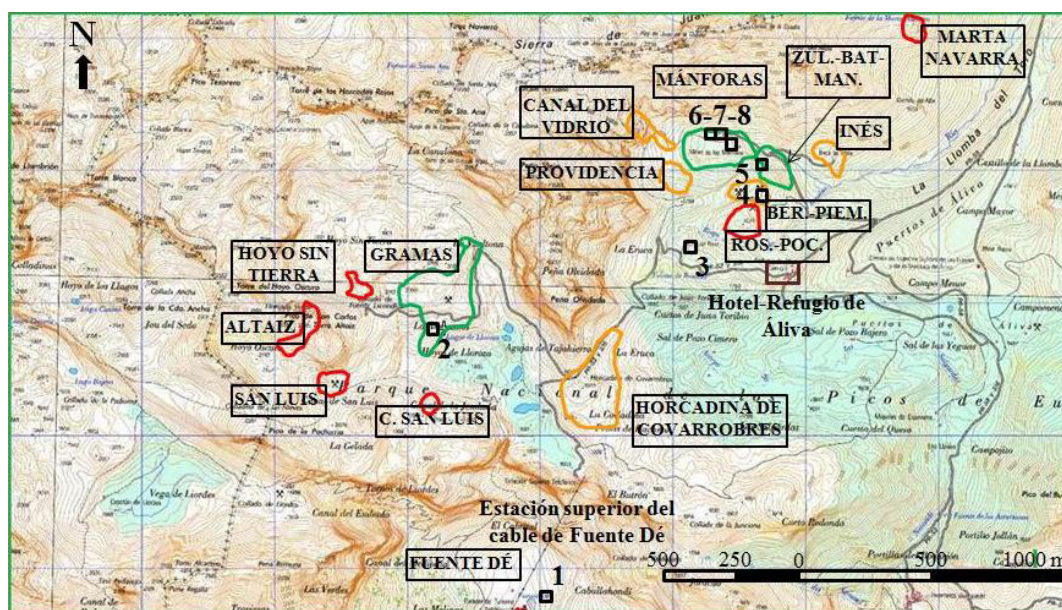


Figura 220: Potencial de las labores mineras; en verde, las de mayor potencial, naranja intermedio y rojo menor. Los números corresponden a los Puntos de Interés: 1: Teleférico de Fuente Dé; 2: Gramas Inferior; 3: Chalet Real; 4: pozo P4 labores Berto; 5: Mina Almanzora; 6: Mina de Las Mánforas; 7: Edificio de Viviendas de Las Mánforas; 8: Planta de tratamiento de Las Mánforas; (base cartográfica de Sigpac).

Con estas premisas, cabe concluir con la necesidad de intervención en la mitad de la zona de estudio, si bien el tipo de intervención será diferente en cada caso y estará basada principalmente en la seguridad y corrección ambiental, pero a su vez hay que tener en cuenta la potencialidad turística de cada labor minera:

- A. Zonas con potencialidad turística baja: puesta en seguridad de las labores y minimización del impacto ambiental y visual.
- B. Zonas con potencialidad turística intermedia: puesta en seguridad de las labores, minimización del impacto ambiental y visual e integración de los elementos patrimoniales destacables dentro de recorridos turísticos.
- C. Zonas con potencial turístico alto: puesta en seguridad de las labores y puesta en valor de los elementos de interés.

9. PROPUESTAS DE PUESTA EN VALOR

La puesta en valor del patrimonio, en este caso minero, puede suponer un recurso económico y contribuir a un desarrollo que sea sostenible. Sin embargo, es necesaria la creación de facilidades o recursos interpretativos y servicios para promover la puesta en valor para así asegurar su conservación a la vez que se utiliza como un recurso para el uso de estudiantes, turistas y visitantes ocasionales (Hose, 2000), así como para investigaciones futuras (Wimbledon *et al.*, 2000).

Como ya se ha indicado de forma reiterada durante la presente tesis, la puesta en valor del patrimonio geominero debe incluir, por un lado, el aspecto patrimonial, y por otro y principalmente, la seguridad de los posibles visitantes. Las intervenciones que se propongan, deben tener en cuenta que la peligrosidad debe ser eliminada en su totalidad, teniendo los riesgos una naturaleza completamente distinta de la existente en la fase previa a la intervención. Las labores y edificios ya no desempeñan funciones mineras y las personas que van a estar presentes en estos lugares serán visitantes en una zona lúdico-cultural, no expertos ni trabajadores especializados (Orche y Orche-Amaré, 2008).

9.1. TIPOLOGÍA DE INTERVENCIONES

Las propuestas de puesta en valor que se desarrollan en este capítulo, son intervenciones que se han dividido en tres apartados diferenciados, el primero enfocado a la seguridad, el segundo a la divulgación y el tercero, hacia la propuesta de figuras de protección que van a permitir asegurar una continuidad en el tiempo del patrimonio identificado.

9.1.1. CIERRES DE MINAS Y RESTAURACIONES AMBIENTALES

El cese de la actividad en las labores mineras del área de estudio se fue produciendo desde hace más de un siglo y de manera continuada hasta el año 1989 en que se cierra la mina de Las Mánforas. La carencia de una ley de minas que obligase a la restauración del espacio minero,

hizo que las explotaciones se abandonasen sin la adecuada clausura de huecos mineros y la restauración correspondiente. Actualmente se incluye, dentro de las obligaciones de la propia compañía minera, al cese de la explotación, la restauración del espacio natural afectado por actividades mineras (BOE-A-1982-29687).

La bibliografía existente en cuanto a proyectos de cierre de minas, es muy extensa, tanto en materia de seguridad como en aspectos estéticos y de puesta en valor. En lo concerniente a seguridad en minas subterráneas, el principal riesgo existente son las caídas en los huecos que han permanecido abiertos. En el propio Parque se han venido ejecutando una serie de intervenciones relacionadas con la minimización del riesgo de caídas, por lo que ya existe una cierta metodología para la realización de cierres de seguridad.

En el informe “Cierres de seguridad en las minas de Áliva. T.M. de Camaleño (Cantabria). P.N. Picos de Europa. Años 2008 – 2009” elaborado por los técnicos del Parque, se constató que las minas de Áliva, por su proximidad a las zonas de afluencia de turistas, principalmente la estación superior del Teleférico de Fuente Dé y por el interés que despierta una estructura tan singular como la mina de Las Mánforas, hace que sean visitadas por gran número de personas durante el año. Adicionalmente, se trata de una zona de aprovechamiento ganadero, conocida como los Puertos de Áliva.

Como se ha visto en el capítulo 8.6, existe un gran número de elementos mineros que suponen un riesgo importante. Destacar que se han inventariado un total de 98 elementos con riesgo alto o muy alto (Tablas 57 y 58 y Figuras 217 y 218). Si bien es cierto que el riesgo de caídas de animales afecta principalmente a los grupos mineros de Las Mánforas y Duje, el peligro para los visitantes es extensible a toda el área de estudio. Se considera que en aquellas zonas con un potencial de aprovechamiento turístico, didáctico o científico bajo y con elevada peligrosidad, en aquellas zonas transitadas por un público general (no especializado en montaña) se debería proceder a un cierre de seguridad de los elementos con un riesgo alto o muy alto. Excepcionalmente podría no llevarse a cabo el cierre, en aquellos casos en que los huecos

mineros pudieran ser rellenados con materiales procedentes de escombreras cercanas, ya que con este segundo método se puede minimizar adecuadamente el impacto visual de algunas minas.

Además de los cierres perimetrales se aconseja también en zonas puntuales la colocación de trampillas y cierres metálicos en pozos y galerías para impedir posibles caídas o el acceso de visitantes y animales.

Para seguir con la tipología de actuaciones llevadas a cabo por los técnicos del Parque, las propuestas específicas para cierres han sido hasta ahora y se propone su continuidad:

- Cierre mediante cerramiento de piquetas y alambre: consistente en la colocación de barras metálicas de 2 metros de longitud (70 cm enterrados y 1,30 exteriores), perfil tipo IPN 80, y tres filas de cable de acero galvanizado de 6 mm de sección, encontrándose la fila inferior a menos de 25 cm de altura del suelo.
- Cierre mediante reja metálica: se diseñarán de acuerdo al hueco que se quiera proteger. Se fijarán a la roca mediante tornillos de roca y anillas. El entramado será de 9x9 cm si la reja va en oquedad horizontal y de 10x10 si la oquedad es vertical. Serán de acero galvanizado inoxidable de color gris.

9.1.2. DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO

Desde la creación de los Parques Nacionales, uno de los objetivos fundamentales de su declaración ha sido, y es fomentar la visita de los ciudadanos. El gran número de visitantes supone una oportunidad de desarrollo para las poblaciones tanto del Parque como de su área de influencia socioeconómica. Adicionalmente, el propio Parque Nacional obtiene un importante retorno de cualquier actividad divulgativa que se organice con visitantes, particularmente los de

edad escolar, en forma de concienciación ambiental de la población y respeto hacia los valores que motivaron la declaración del mismo (Álvarez, 2014).

Uno de los principales problemas que supone la divulgación del patrimonio minero y de la geología es la heterogeneidad del público a quien puede ir dirigida (Carcavilla *et al.*, 2010). Como indican estos autores, no se puede diseñar un material divulgativo que satisfaga simultáneamente al público general, al aficionado, al docente y al experto.

Podemos establecer cuatro perfiles diferentes de posibles audiencias a las que orientar la divulgación (Keene, 1994; Carcavilla *et al.*, 2010):

- I) grupos educativos de colegios, institutos, universidades, etc., que buscan conocimientos estructurados y adaptados a su sistema curricular. Se enmarca en la educación formal.
- II) personas adultas interesadas en temas geológicos, predispuestos y ávidos de recibir información y material divulgativo. Son vocacionales y, a menudo, iniciados.
- III) grupos de adultos que no buscan información específica, sino que están más interesados en la experiencia que en el significado de los enclaves geológicos.
- IV) público general, habitualmente con una actitud en cierto modo pasiva, que visita un lugar geológico de manera accidental y como evento social (atraídos por otros factores o por la popularidad de la que gozan ciertos enclaves). Un caso especial de este tipo son los colectivos cuya actividad se desarrolla habitualmente en un medio marcadamente geológico, como montañeros, senderistas, espeleólogos, etc. que pueden tener cierto interés en conocer más detalles del entorno en el que practican sus deportes y actividades de ocio.

En este caso, la divulgación iría dirigida hacia el grupo III y principalmente el IV.

Para el diseño del material divulgativo no existen normas establecidas. Son numerosas las asociaciones que desarrollan una labor importante en la divulgación del patrimonio geológico y minero. Además de las ya mencionadas SGE y SEDPGYM, el IGME y la Asociación Española

para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT), desempeñan un papel importante en la divulgación del patrimonio.

En el Parque Nacional de Picos de Europa, se viene realizando desde su creación una labor de divulgación destacable. En los últimos años se han desarrollado varios programas de Educación Ambiental dirigidos a los colegios de la zona (Álvarez, 2014). Principalmente han sido enfocados hacia el medio biótico y el paisaje, así como a las costumbres tradicionales de la zona (exceptuando la minería). Entendemos que la minería podría ser incluida dentro de estas líneas de actuación y aplicarse en un ámbito geográfico más extenso, pudiendo incluso ser utilizados estos recursos en el contexto universitario.

Más recientemente, se ha desarrollado una labor relevante de divulgación de la geología, destacando la edición en el año 2010 de la Guía Geológica de los Picos de Europa (Rodríguez-Fernández, 2012). En lo referente a la minería, se han incluido en algunos de los paneles informativos, anotaciones sobre el origen minero de las infraestructuras (Figura 221).



Figura 221: Panel informativo en la base del cable de Fuente Dé en el que se explica el origen minero del mismo.

A continuación se analizan algunas de las actividades y medios divulgativos ya existentes, dentro de los cuales podrían incorporarse las propuestas de puesta en valor del patrimonio minero.

Itinerarios

Una de las principales actividades de los Picos de Europa es el senderismo. El Parque Nacional cuenta con una importante Red de Senderos señalizados con 26 senderos de Pequeño Recorrido (PR), 2 de Gran Recorrido (GR) y 4 Rutas de Alta Montaña (Álvarez, 2014). Existe la posibilidad de realizar rutas guiadas, en las que los visitantes van acompañados por guías del Parque Nacional.

La Guía Geológica del Parque Nacional de los Picos de Europa (Rodríguez-Fernández, 2012) incluye 14 itinerarios geológicos, de los que las rutas 7 y 10 cuentan con paradas vinculadas a labores mineras.

Por tanto, dado que es una de las formas de divulgación más comunes, cabría la posibilidad de incluir dentro de la Red de Senderos existente algunas rutas con temática minera. Algunas de las cuales podrían realizarse mediante el acompañamiento de guías especializados, en tanto que otras pueden ser autoguiadas. En el caso de las visitas de interior, como las que se indicarán posteriormente es imperativo que se realicen con personal especialista, tanto por los aspectos de seguridad como por los relativos a la protección del patrimonio.

Señalética

Como indican Carcavilla *et al.* (2010), si se van a diseñar varios paneles o folletos es importante definir una línea de diseño que sea común a todos ellos y que permita asociarlos. Por tanto, y al existir ya un formato de diseño en el Parque, las nuevas propuestas deben ir en consonancia con éstas, tanto estética como en contenido.

La información que se quiere plasmar en los diferentes carteles que se proponen va encaminada a dos funciones principalmente. Por un lado, dar a conocer el patrimonio geológico y minero de las principales labores y elementos inventariados; por otro, indicar la presencia de vestigios mineros. En todos ellos será importante resaltar la peligrosidad existente.

Para el primer caso, el diseño a utilizar será el mismo que los paneles informativos que se distribuyen en las principales zonas de afluencia de visitantes, como son la parte inferior y superior del cable (Figura 222). Los paneles indicativos, tendrán unas dimensiones menores e irán colocados en sitios estratégicos como se indicará, caso por caso, en el capítulo 9.2.



Figura 222: Paneles informativos en la estación superior del cable de Fuente Dé.

Formación

Lo más apropiado para la gestión de las visitas es que recaigan en empresas locales, contribuyendo así a una dinamización y diversificación del sector turístico en la zona. Esto conllevaría una especialización de los guías, que debería llevarse a cabo mediante una adecuada formación. Se propone contar con antiguos mineros de la zona, con el triple objetivo de disponer de las experiencias propias para la formación y para mantener la memoria histórica y contribuir a la generación de empleo mediante un recurso geominero.

La formación debe contemplar tanto un conocimiento general de la geología e historia de la minería del Macizo Central, como detallado de las labores que se visitan, sin olvidar unos conceptos generales de estudios de estabilidad de las cavidades que permitan que los propios guías hagan un seguimiento casi permanente de la seguridad de las labores.

9.1.3. FIGURAS DE PROTECCIÓN

Como se indicó en la introducción de esta Tesis Doctoral, el área de estudio se encuentra localizada dentro de un Parque Nacional, la figura de máxima protección en la legislación nacional sobre espacios naturales. Dentro del Artículo 1 de la Ley 16/1995, de 30 de mayo, de declaración de Parque Nacional de los Picos de Europa (BOE-A-1995-12915) se indica que entre los objetivos del Parque:

“a) Proteger la integridad de los ecosistemas incluidos dentro de sus límites, que constituyen una representación significativa de los sistemas naturales y seminaturales asociados al bosque atlántico en la provincia orocantábrica, así como de los elementos físicos y biológicos que los caracterizan.

b) Contribuir a la protección, recuperación, fomento y difusión de los valores culturales y antropológicos que conforman la historia de este espacio natural.

c) Facilitar el conocimiento y disfrute de sus principales valores asegurando, siempre en forma compatible con su conservación, tanto la actividad investigadora y educativa como el simple acceso de los visitantes”.

Con estas premisas, se entiende, que no se realizarán intervenciones que puedan afectar de manera negativa a la riqueza natural y que se fomentará la protección, recuperación y difusión del patrimonio cultural del Parque. Desde el punto de vista del patrimonio minero, sin embargo, al no existir un trabajo de inventario y valoración patrimonial, no se garantiza en primer lugar la

conservación de las infraestructuras mineras. De ahí la importancia que tiene la realización de un inventario y la catalogación de los bienes patrimoniales, así como una propuesta de incluir dichos bienes dentro de una figura de protección.

Es necesario, por tanto, hacer una breve síntesis de la legislación para la geoconservación (Nieto *et al.*, 2009), así como de la protección del patrimonio minero (Tabla 59) para definir y analizar otras figuras de protección, además de las ya mencionadas como Punto y Lugar de Interés Minero, que puedan ser aplicables a los elementos y labores mineras valoradas en esta investigación.

FIGURAS DE PROTECCIÓN LEGAL POR CATEGORÍAS	GALICIA	MADRID	ASTURIAS	PAIS VASCO	NAVARRA	ARAGÓN	CATALUÑA	CASTILLA LEON	CANTABRIA	EXTREMADURA	C. VALENCIANA	CASTILLA LA MANCHA	MURCIA	ANDALUCÍA	BALEARES	CANARIAS	TOTAL
Monumento y otros antes Ley de Patrimonio de 1985	1	3	1	2			2	3	1					3			16
Monumento		1	1		1		3	4	1			6	1	4	1	2	26
Zona Arqueológica		1					1	3						1			6
Sitio/Conjunto Histórico			3			1		1	1			1	1	5	1		14
Lugar Interés Etnológico/gráfico						1				1				2			4
Lugar Interés Industrial														2			2
Lista Patrimonio Industrial ³				2								1	1	2			6
Patrimonio Inmaterial													1				1
Patrimonio Natural									1	1	2		1	1	1		7
Expedientes incoados					1			2				2	3		1	11	20
Elementos catalogados														156			156
Patrimonio Mundial								1									1
TOTAL	1	5	5	4	2	2	6	14	4	2	2	10	8	176	4	13	260

Tabla 59: Protección legal de elementos y conjuntos minero-metalúrgicos españoles en el año 2011 (Puche *et al.*, 2011).

A continuación se describen algunas figuras de protección o asimilables a las mismas, que pueden ser aplicables en el contexto de las propuestas de puesta en valor de la presente Tesis Doctoral.

Geoparques: Figura no contemplada en el ordenamiento normativo español, es una “etiqueta de calidad” de la UNESCO. Es un territorio con límites geográficos precisos, en el que se incluyen un número de lugares de interés geológico de especial importancia científica, rareza o belleza y que además de por su interés geológico pueden ser llamativos por sus rasgos arqueológicos, históricos o culturales (Eder, 1999).

Entre los rasgos arqueológicos, históricos y culturales entraría a formar parte la minería y con ella el Patrimonio Minero. Ejemplos de geoparques con temática predominantemente minera encontramos en España el Geoparque de la Cataluña Central (Mata-Perelló *et al.*, 2013). En Europa existen otros casos de geoparques cuyo principal atractivo es la minería, como son el Geoparque Mundial Mineralógico de los Alpes (Austria), El Geoparque de la Costa del Cobre (Irlanda), el Geoparque de Idrija (Eslovenia) y en Italia el Parque Geológico y Minero de Cerdeña, El Geoparque de la Rocca di Cerere y el Parque Minero de la Toscana (www.globalgeopark.org).

Paisaje cultural: Para la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO, los Paisajes Culturales son bienes culturales que representan las “obras conjuntas del hombre y la naturaleza” mencionadas en el Artículo 1 de la Convención. “Ilustran la evolución de la sociedad humana, bajo la influencia de las limitaciones físicas y/o las posibilidades de su medio ambiente natural y de las fuerzas sociales, económicas y culturales sucesivas, tanto internas como externas” (UNESCO, 2008; IPCE, 2012). Incluye un conjunto de recursos heredados que es reflejo de los valores, creencias y tradiciones de una sociedad en continua evolución, y es el resultado de la interacción en el tiempo entre las personas y el medio natural (IPCE, 2012).

El paisaje industrial, y dentro de él, el paisaje minero, encuentra sentido pleno dentro del concepto de paisaje cultural (Biel-Ibáñez, 2009). Una de las primeras citas de las que disponemos en España sobre paisaje minero es la propuesta de la Dirección de Cultura de la Comunidad de Murcia para que se tenga en cuenta para la Lista Indicativa de Paisajes Culturales de la UNESCO al Paisaje Minero de la Sierra de Cartagena (Puche, 2004). Este autor

define el Paisaje Minero como “*cualquier parte del territorio que haya soportado la actividad extractiva de minerales o rocas, sea cual sea su estado*”.

Bajo esta clasificación, está el Paisaje Minero de Cornualles y del oeste de Devon en Gran Bretaña (www.incuna.es), Paisaje Cultural de Sierra Menera-Ojos Negros (Aragón), Paisaje Minero de la Unión y Cartagena (Murcia) y en Cantabria el Paisaje Minero de Reocín (Puche, 2004).

Bien de Interés Cultural (BIC): Cualquier inmueble u objeto mueble que por su especial relevancia precisa el máximo rango de protección (Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español). Las distintas categorías establecidas en la Ley Nacional son: Monumento, Jardín Histórico, Conjunto Histórico, Sitio Histórico y Zona Arqueológica. Actualmente las competencias recaen en las comunidades autónomas, que han establecido otras figuras de protección, tales como: Lugar de Interés Etnológico, Lugar de Interés Industrial, etc., existiendo actualmente en España más de un centenar de lugares mineros protegidos con este tipo de categorías (Puche *et al.*, 2011). En Cantabria, el Cargadero mineral de Mioño en Castro Urdiales está declarado como Monumento desde 1996.

De entre las figuras descritas anteriormente, se considera en primer lugar que la figura de geoparque abarcaría una zona de mayores dimensiones que la estudiada en la presente investigación, aunque ciertamente y analizando otros casos de zonas geológicas destacables, con una fuerte vinculación con la minería, podría ser aplicable al conjunto de los Picos de Europa.

El término Paisaje Minero, podría ser perfectamente aplicable en la zona de estudio, puesto que los aspectos mineros actualmente, se encuentran en un segundo plano, o en ocasiones ni mencionados en los documentos relacionados con el Parque Nacional.

En cuanto a la figura de Bien de Interés Cultural, podría aplicarse sobre todo a escala de elementos puntuales mineros, como son los PIM, aunque en algún caso concreto también para áreas más amplias como labores o sectores mineros.

9.2. INTERVENCIONES EN LAS LABORES MINERAS

Las propuestas de intervenciones, están planteadas en función de la potencialidad turística de las labores, primando ante todo la seguridad de los visitantes. Dadas las condiciones peculiares de encontrarnos en un Parque Nacional, no es posible llevar a cabo todas las medidas que podrían efectuarse en un espacio natural no protegido, dado que el movimiento de maquinaria e incluso el personal necesarios para acometer ciertos cierres de labores mineras, podrían suponer un impacto aún mayor que la presencia de las propias minas abandonadas.

A continuación, se describirán las propuestas de intervenciones a realizar en las diferentes zonas según su potencialidad turística, y en el anejo 4, se incluirán los planos, la situación de las mismas y la descripción de las intervenciones por elementos.

9.2.1. ZONAS CON POTENCIALIDAD TURÍSTICA BAJA

SECTOR MINERO DE LIORDES

Como se ha indicado en el apartado 6.2 (Descripción general del sector minero de Liordes), los vestigios mineros están constituidos por labores de poca entidad y superficiales, siendo frecuentes las zanjas y algunas galerías, así como pequeños pozos. El sector minero de Liordes es transitado por montañeros experimentados, no siendo frecuentado, por la exigencia física necesaria para su acceso por numerosas visitas. En cuanto al patrimonio, las labores no cuentan con elementos destacables por lo que no se recomienda ninguna intervención desde el punto de vista de la puesta en valor patrimonial de las minas. Tan solo, la indicación mediante un cartel al llegar al collado de Liordes de la presencia de una zona minera, que podría contar con una pequeña descripción del sector minero, un plano de la ubicación de las principales labores y la advertencia del riesgo de adentrarse en los huecos mineros. Podría realizarse solo en castellano como los existentes actualmente en el parque o también en inglés, pero se sugiere que el texto se

reproduzca también en inglés. Una propuesta de un cartel de este tipo se muestra en la Figura 223.



Figura 223: Propuesta de cartel para el sector minero de Liordes.

SECTOR MINERO DE FUENTE DÉ

Este sector está constituido principalmente por la mina Ya Salió, un conjunto de labores de interior con varios niveles. En la parte exterior, además de los restos de las edificaciones, en buen estado de conservación (casas de los mineros y parte superior del cable), no se aprecian elementos ni escombreras destacables, puesto que todo el material era o bien transportado (en el caso de la mena) a la parte inferior de la pared o volcado directamente. En el caso de la galería de exploración de la pared en la vertical de la bifurcación a Liordes, a pesar de contar con una excelente estabilidad, no contiene elementos patrimoniales de interés en su interior.

Al igual que en el caso de Liordes, se trata de una zona muy poco frecuentada, por lo que no se recomienda su puesta en valor como aprovechamiento turístico, a excepción de la parte inferior

del cable como se explicará en el capítulo de Puntos de Interés Mineros. Ya se ha realizado por parte de los técnicos del parque la colocación de unos cables de seguridad en el interior de la mina Ya Salió, en la zona con mayor peligrosidad, junto al pozo-rampa interior.

Se recomienda la colocación de un cartel de peligro en la llegada a las principales labores junto a las casas de los mineros. En la galería de exploración, al no estar próxima a ningún camino transitado y ofrecer una baja peligrosidad, no se recomienda ningún tipo de intervención ni señalización.



Figura 224: Propuesta de cartel para el sector minero de Fuente Dé.

SECTOR MINERO DE LLOROZA

Hoyo sin Tierra

La zona del Hoyo sin Tierra, constituida principalmente por galerías, carece de elementos de gran interés patrimonial (a excepción del camino que llega hasta el collado), por lo que las

intervenciones deben ir enfocadas principalmente a la seguridad. A pesar de situarse en una zona poco transitada, el camino de acceso al lugar es apto para todo tipo de visitantes, por lo que se considera necesaria una intervención en estas labores.

En primer lugar, en el collado de Fuente Escondida, en el descenso hacia las labores, debería colocarse un cartel indicativo con el nombre de las labores, advirtiendo del peligro por encontrarse en una antigua zona minera. De las galerías existentes, debería procederse al cierre mediante cables de la galería G2, debido al mal estado del pilar que sostiene el acceso, así como el aprovechamiento para su relleno con alguna escombrera.



Figura 225: Propuesta de cartel para las labores de Hoyo sin Tierra.

Altaiz

Las minas de Altaiz, situadas en el pico del mismo nombre son solo accesibles para montañeros experimentados, encontrándose apartadas de los caminos principales y en una zona ya de por sí peligrosa por la presencia de escarpes verticales. Cualquier tipo de intervención en esta zona sería de gran dificultad para un peligro potencial bajo, por el escaso número de posibles visitantes. La única intervención recomendada es la instalación de un cartel indicativo al inicio de la ascensión al pico desde el collado de Fuente Escondida, con el nombre de las labores y el peligro existente en la zona.



Figura 226: Propuesta de cartel para las labores de Altaiz.

San Luis

Los elementos que se localizan en estas labores presentan un riesgo bastante elevado (a excepción de la galería G1) por la inestabilidad de las paredes de los pozos y zanjas. Desde el punto de vista patrimonial no presentan ningún interés.

Los elementos con mayor riesgo son la zanja Z2 y pozo P2 (en el interior de Z2), por lo que el material de la escombrera debería utilizarse para el relleno de los mismos. Por tratarse de una zona poco transitada, no se recomienda un vallado perimetral de los huecos mineros. En el acceso desde el camino se colocará un cartel indicativo de las labores y el peligro existente.



Figura 227: Propuesta de cartel para la mina San Luis.

Canal de San Luis

Situadas a escasos metros del camino que conduce al collado de la Padierna, estas labores no presentan un riesgo elevado, a excepción de la zanja Z3. Dicha zanja tiene un acceso horizontal por el lado norte y sus paredes son estables, dando acceso a dos galerías que tampoco muestran signos de inestabilidad. Al tratarse de una zona poco transitada (incluso son poco visibles las labores desde el camino), no se recomienda más que la colocación de un cartel indicativo de las labores y el peligro.

SECTOR MINERO DE ÁLIVA

Rosario-Poquito

Se trata de unas labores con bajo interés patrimonial, pero con una peligrosidad elevada, al ser los trabajos que se sitúan más próximos al Hotel-Refugio de Áliva, con gran afluencia de visitantes. Las intervenciones deben estar centradas en minimizar el riesgo de caídas, así como a reducir el impacto visual de las escombreras. Los socavones no presentan ningún riesgo para los visitantes ni para el ganado de la zona.

Marta Navarra

Las labores se sitúan en una zona alejada del tránsito de visitantes y de cualquier ruta marcada por lo que no presentan un peligro notable a pesar de contar con un pozo y dos galerías. Cualquier tipo de intervención debido a la lejanía sería muy dificultosa y poco rentable debido a que estas labores no presentan un valor patrimonial destacable.

9.2.2. ZONAS CON POTENCIALIDAD TURÍSTICA INTERMEDIA

Canal del Vidrio

Las labores de esta zona se encuentran en una zona transitada tan solo por montañeros experimentados, ya que se localizan en una de las rutas de ascensión a Peña Vieja. El único pozo, correspondiente a la explosión de Kachinski, se sitúa en una zona apartada de dicho camino, por lo que junto con las dos galerías que se encuentran dentro de él, no presenta un peligro notable para los visitantes. En términos generales, puede decirse que las labores mineras no tienen un riesgo mayor al intrínseco de la propia zona, una canal con gran cantidad de derrubios y con paredes escarpadas.

En cuanto a los elementos patrimoniales tan importantes aquí, la parte inferior del cable, situada próxima a la mina de Las Mánforas, podría incluirse en un itinerario debido a que no presenta dificultad ni de aproximación ni de observación. Desde esa zona puede explicarse la propia explosión de Kachinski. La parte superior del cable se localiza en una zona inestable, con riesgo de deterioro o incluso destrucción, por lo que sería recomendable su retirada y almacenamiento a la espera de una posible puesta en valor de las labores. Los dos elementos más destacables de la zona son el polvorín en la base de la canal y la casa de los mineros arriba, por lo que se recomienda la colocación de carteles indicativos en ambas edificaciones.



Figura 228: Propuesta de cartel para las labores de la Canal del Vidrio.

Providencia

Las labores de la mina Providencia presentan de manera general un gran riesgo para los visitantes, si bien es cierto que cuatro de los pozos más peligrosos han sido intervenidos por el personal del Parque mediante un vallado perimetral que asegura que no exista riesgo de caídas en ellos. Los socavones no presentan un peligro significativo, si bien los S2 y S3 podrían tener su origen en un colapso de las galerías inferiores de la mina de Las Mánforas. Los principales elementos patrimoniales son los afloramientos de calcita espática en el emboquille de la galería G9, el cual no necesita intervención ya que se sitúan sobre la galería, no siendo accesibles para los visitantes, y el recorrido de interior de la galería G6. No obstante, al existir recorridos con mayor valor patrimonial, no se recomienda su habilitación para visitas.

Inés

Las labores Inés están constituidas por trabajos principalmente superficiales, formados por zanjás y galerías de escaso recorrido. De manera general, el riesgo de los elementos presentes es medio, al igual que su valor patrimonial, destacando las escombreras por la abundancia de ejemplares de esfalerita. Por estos motivos, no parece necesario llevar a cabo muchas intervenciones en estas labores, pudiéndose integrar algunos elementos dentro de un itinerario general de la zona. El recorrido de interior principal, la galería G2, tiene menor interés que otros recorridos del grupo minero de Áliva, así como escaso diámetro de las galerías como para ser aptas para recorridos turísticos.

Berto-Piémorena

Estas labores se sitúan muy próximas al Hotel-Refugio de Áliva, junto al camino que conduce a la mina de Las Mánforas, por lo que se trata de una zona con bastante afluencia de visitantes y de fácil acceso. Se han contabilizado un total de 15 escombreras, de las cuales 2 se encuentran

en parte cubiertas de vegetación (E10 y E11), y 13 podrían ser utilizadas para el relleno de pozos, socavones y zanjas; 2 zanjas de las cuales una presenta muy alta peligrosidad; 8 galerías y 9 pozos, de los cuales sólo 3 se encuentran vallados, siendo el resto de ellos de alta a muy alta peligrosidad; 10 socavones de baja peligrosidad, y en general en proceso de ser cubiertos por vegetación autóctona. El pozo P4 se ha considerado como PIGM, siendo susceptible de integrarse en un itinerario geominero.

Horcadina de Covarrobres

En la zona de Horcadina de Covarrobres es donde más labores se concentran, si bien la mayoría de ellas son de escasa entidad, con un riesgo generalmente medio y con un valor patrimonial igualmente medio. Los principales elementos desde el punto de vista patrimonial son las galerías G18, G19 y G20, que forman un recorrido interior caracterizado por una cámara y algunos ramales de galerías. De igual manera, las escombreras E6, E12, E13 y E24 tienen un valor patrimonial medio, ya que contienen acopios de calaminas, por lo que no debería intervenir en ellas. En las edificaciones, por su estado ruinoso es difícil reconocer su utilidad, por lo que su valor patrimonial es bajo y no se considera necesaria una intervención. En el collado de Horcadina de Covarrobres, debería colocarse un cartel indicativo del peligro existente y el nombre del grupo minero.



Figura 229: Propuesta de cartel para las labores de Horcadina de Covarrobres.

9.2.3. ZONAS CON POTENCIALIDAD TURÍSTICA ALTA

Las Gramas

Las labores situadas en Las Gramas contienen numerosos elementos patrimoniales de interés, pero también la peligrosidad, en esta zona con abundantes pozos, es alta o muy alta. La puesta en valor debe priorizar la seguridad del visitante en esta zona, muy transitada, principalmente en las labores situadas en la Vueltona (en el cruce del camino de Las Gramas con el que sube a Horcados Rojos y Cabaña Verónica) y en la parte superior de Las Gramas. Los dos elementos de mayor interés que han sido identificados en esta zona son la galería G1 y la galería G5. Esta última, si se pretende poner en valor para visitas turísticas, deberá tener su correspondiente cierre de seguridad, mediante puerta metálica con candados. Los caminos que transcurren por las labores (C1 y C2) se encuentran en buen estado de conservación y son una muestra clara de las infraestructuras que se construían para el transporte tanto de mineral como para los trabajadores. El mismo camino puede ser el eje de un itinerario geominero por estas labores, como se indicará en el capítulo 9.7, en las que se localizan numerosos elementos de interés patrimonial, no sólo de las propias minas sino del entorno. Las edificaciones están en muy mal estado de conservación, siendo en la mayoría de los casos de escaso valor patrimonial.

Las Mánforas

La mayor concentración de puntos de interés minero de la zona de estudio se localiza en torno a estas labores, si bien es cierto que la parte subterránea, correspondiente a los trabajos de extracción no puede visitarse hoy en día. Desde el punto de vista de la peligrosidad, tan solo algunas partes de ED4 y ED8 presentan algo de riesgo, siendo todavía relativamente seguro adentrarse en las viviendas y comedores de los mineros. Una de las principales actuaciones que debería llevarse a cabo es la retirada de basura, acumulada durante décadas y que se encuentra esparcida por toda la zona, principalmente en la escombrera E1 y en el dique de estériles.

Igualmente ED6 es una construcción relativamente moderna que carece de valor patrimonial, y se encuentra en estado ruinoso.

A excepción de los elementos en estado ruinoso, como son ED6, ED7, ED9 y ED10, la escombrera E1, que carece de minerales de interés y de G1 que no puede visitarse, el resto es susceptible de ser puesto en valor, tanto dentro de un itinerario general de la zona, como con paneles explicativos de los mismos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que tras casi tres décadas de abandono, la mayor parte de los edificios han sufrido algún tipo de deterioro, por lo que una primera actuación debería ser la consolidación y protección de los mismos, así como la eliminación de escombros de su interior. El dique de estériles es un elemento altamente contaminante, que debería ser eliminado total o parcialmente para minimizar el elevado impacto medioambiental que conlleva la difusión de los finos a través del viento, pero principalmente del agua.

Zulema-Bat-Manolita

Este conjunto de labores incluye un punto de interés, la mina Almanzora, a la que se accede por las galerías G12, G14 y G15, que deberían contar con cierres mediante puerta metálica con candados para las posibles visitas de cara a su puesta en valor. El afloramiento singular de la Formación Lebeña, de gran interés, puede ser integrado dentro de un itinerario general de la zona, o se podría colocar un cartel indicativo en su base. El riesgo de caídas en el área es bastante elevado, a pesar de que varios pozos han sido vallados por técnicos del Parque. De éstos, la intervención llevada a cabo en P1, P2, P3, P10, P11, P12, P18, P19, P20 y P21 es correcta puesto que evita las posibles caídas. No es el caso de la intervención realizada en P4 y P6 y en las galerías G6, G7, G8 y G9, cuya protección no evita totalmente el peligro de accidentes.

9.3. PUNTOS DE INTERÉS MINERO

Como se indicó en el capítulo 8, del total de elementos inventariados, se han identificado 8 puntos de interés minero (Figura 230), de los cuales cuatro son edificaciones (parte inferior del cable de Fuente Dé, Chalet Real, edificio de viviendas y planta de tratamiento de Las Mánforas), tres galerías (Gramas inferior, Las Mánforas y Almanzora) y, por último, el pozo P4 de las labores Berto. Su puesta en valor se puede llevar a cabo mediante carteles explicativos o dentro de itinerarios turísticos. No obstante, como se indicará en cada caso particular en este capítulo (se ha elaborado una ficha técnica de cada uno de los puntos), es necesario acometer algún tipo de intervención previa, tanto por su estado de conservación, como por motivos de seguridad. El único elemento que no requiere de ningún tipo de intervención es el Chalet Real, en perfecto estado debido al mantenimiento constante por parte de la empresa propietaria (AZSA).

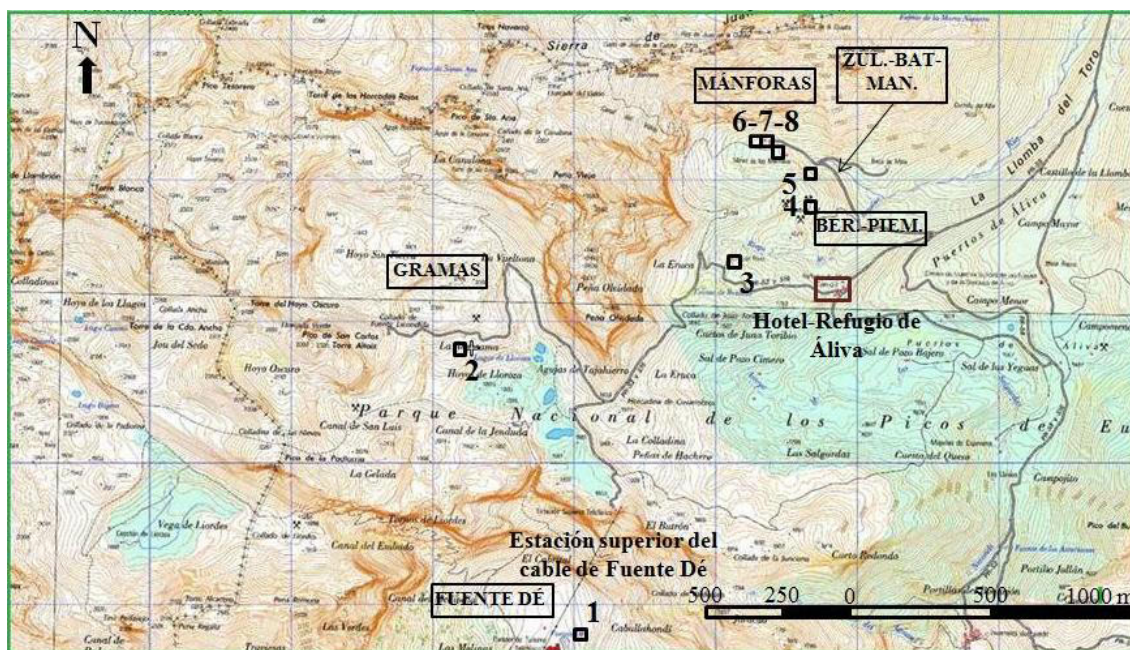


Figura 230: Puntos de Interés Mineros. 1: Parte inferior del cable de Fuente Dé; 2: Gramas Inferior; 3: Chalet Real; 4: Pozo P4 labores Berto; 5: Mina Almanzora; 6: Mina de Las Mánforas; 7: Edificio de Viviendas de Las Mánforas; 8: Planta de tratamiento de Las Mánforas; (base cartográfica de Sigpac).

Las fichas descriptivas se han elaborado para que puedan ser descargables desde las páginas web, tanto del Parque Nacional, como de la empresa pública cántabra de promoción turística CANTUR. Adicionalmente, en la base del cable de Fuente Dé podría colocarse un cartel con la situación y las fichas de cada uno de los Puntos de Interés Minero, tal y como aparece en la Figura 231.



Figura 231: Propuesta de cartel con los Puntos de Interés Minero que se propone colocar en la base del cable de Fuente Dé.

9.3.1. PARTE INFERIOR DEL CABLE DE FUENTE DÉ (PIM-1)

La parte inferior del cable de Fuente Dé, es a pesar de los años de abandono, una de las estructuras mejor conservadas del pasado minero del Macizo Central. Situado en las proximidades del aparcamiento del cable actual y del Parador Nacional de Fuente Dé, su puesta en valor, como se indica en la Figura 232, sería relativamente sencilla.

PIM-1	ESTRUCTURA DEL CABLE DE LAS MINAS DE FUENTE DÉ		
COORDENADAS: X: 352917 / Y: 4778646		TIPO PATRIMONIAL: EDIFICACIÓN (ME)	
DESCRIPCIÓN:		SITUACIÓN	
<p>Estructura de la parte inferior del cable minero para el transporte del mineral entre las minas de Pb-Zn de la pared de Fuente Dé (Mina "Ya Salió") y la pradera de Fuente Dé, donde se localizaba una pequeña planta de flotación. La torre conserva la tolva para descargar el mineral. En la parte inferior de la estructura de madera se conservan las poleas y una zona de descarga. Desde esta estructura hasta el Parador Nacional de Fuente Dé, se encuentran dispersos los finos procedentes de la planta (estériles).</p>			
ÉPOCA:		IMAGEN	
<p>El cable original, descendía el material desde la zona de Lloroza en la parte superior de la pared. En la primera mitad del siglo XX se explotaron las minas de la pared del circo de Fuente Dé, construyéndose a tal efecto un nuevo cable. En la zona de las labores, se excavó una galería de arrastre para canalizar el mineral a una plataforma desde donde se enviaba el mineral a la pradera de Fuente Dé, donde era tratado. En el año 1966, el cable dio paso al actual teleférico, ya de uso turístico.</p>			
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: NECESARIA CONSOLIDACIÓN DE LOS RESTOS DE LA ESTRUCTURA. RECONSTRUCCIÓN DE LAS PARTES CAÍDAS. SEÑALIZACIÓN E INTEGRACIÓN EN UN SENDERO DESDE EL APARCAMIENTO DEL TELEFÉRICO DE FUENTE DÉ. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LOS FINOS CORRESPONDIENTES A LA ANTIGUA PLANTA DE FLOTACIÓN.			

Figura 232: Ficha descriptiva del PIM-1

9.3.2. GALERÍA DE ARRASTRE DE LA MINA DE LAS GRAMAS (PIM-2)

La galería de arrastre de la mina de Las Gramas es una combinación de mina-cueva, con una buena estabilidad geotécnica y varios elementos de interés en su interior, por lo que podría acondicionarse para su puesta en valor sin apenas intervención (Figura 233).




PIM-2	GALERÍA DE ARRASTRE DE LA MINA DE LAS GRAMAS	
COORDENADAS: X: 352106 / Y: 4780686		TIPO PATRIMONIAL: VARIOS (ML, MT, GG, GN)
DESCRIPCIÓN:		SITUACIÓN
Galería de arrastre de la mina de las Gramas. La explotación principal, situada en el macizo de Escondida, conecta con la galería de arrastre mediante un "soplao", el cual produce un gran caudal de aire frío. En la galería se observan restos de los railes, así como vagonetas mineras. Se aprecian pequeños soplaos y neoformaciones kársticas. En el emboquille de la misma afloran unas calizas con presencia de crinoideos. En la parte exterior de la mina, se localiza la mayor escombrera del macizo central donde se observan ejemplares de esfalerita, calaminas y galena.		
ÉPOCA:		IMAGEN
Las labores situadas en este sector fueron explotadas en la primera mitad del siglo XX. Los minerales de cinc eran descendidos por medio de un cable hasta la pradera de Fuente Dé, salvando la gran pared del circo glaciar del mismo nombre. Posteriormente las calaminas se transportaban a través de la Horcadina de Covarrobres hasta el lavadero de Áliva y, una vez concentradas, se bajaban en carros de bueyes hasta Espinama para desde aquí ser enviadas bien a Reocín o bien al puerto de Hinojedo, donde se procedía a su embarque.		
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS ELEMENTOS MINEROS DEL INTERIOR. RECORRIDOS GUÍADOS CON PARADAS EN CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DESTACADOS (MINEROS Y GEOLÓGICOS).		

Figura 233: Ficha descriptiva del PIM-2.

9.3.3. CHALET REAL DE LA REAL COMPAÑÍA ASTURIANA DE MINAS (PIM-3)

Propiedad de la empresa Asturiana de Zinc S.A., el interior del edificio no puede visitarse; no obstante su excelente estado de conservación y la originalidad de su construcción, tanto por el motivo de su instalación como la forma en que se hizo (Figura 234), hacen de este edificio uno de los más singulares del Macizo Central.




PIM-3	CHALET REAL DE LA REAL COMPAÑÍA ASTURIANA DE MINAS	
COORDENADAS: X: 353986 / Y: 4781226		TIPO PATRIMONIAL: EDIFICACIÓN (ME)
DESCRIPCIÓN:		SITUACIÓN
Edificio de huéspedes de la empresa Asturiana de Zinc S.A., heredera de la R.C.A.M. Las piezas para su construcción fueron traídas una a una en lo que podría ser una de las primeras edificaciones prefabricadas de España. Cuenta con cocina, comedor y varias salas en el piso inferior, y habitaciones en el superior. Se encuentra en funcionamiento para los directivos de la empresa, en los meses de verano, contando con un guarda y una cocinera.		
ÉPOCA:		IMAGEN
En 1912 con motivo de una expedición de caza de rebecos a los Picos de Europa del rey Alfonso XIII, la Real Compañía Asturiana de Minas construye el Chalet Real para hospedar al monarca, con un coste de 125.000 pesetas		
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: EL CHALET REAL SE ENCUENTRA EN PERFECTO ESTADO DE CONSERVACIÓN, SIENDO PROPIEDAD DE LA EMPRESA ASTURIANA DE ZINC S.A. CARTEL INDICATIVO CON SU HISTORIA EN EL CAMINO DE ACCESO AL EDIFICIO.		

Figura 234: Ficha descriptiva del PIM-3.

9.3.4. COLAPSO DE DOLINA RELLENA EN EL POZO P4 DE LAS LABORES BERTO (PIM-4)

Como en el caso de Las Gramas, el pozo P4 es el resultado de la interacción de una mina con una cavidad kárstica natural, en este caso rellena. Cuenta con un vallado de seguridad colocado por los técnicos del Parque, por lo que su acondicionamiento para la puesta en valor resultaría muy sencillo (Figura 235).



PIM-4	COLAPSO DE DOLINA RELLENA EN EL POZO P4 DE LAS LABORES BERTO		
COORDENADAS: X: 354831/ Y: 4781755		TIPO PATRIMONIAL: VARIOS (ML, GG)	
DESCRIPCIÓN:		SITUACIÓN	
Situada en las labores Berto, del Sector Minero de Áliva. En Picos de Europa, en zonas de pradera, las simas suelen rellenarse con sedimentos hasta colmatarse. Durante la realización de las galerías de mina en busca de metales es frecuente encontrarse con estas simas rellenas. El avance de la galería al interceptar con una dolina colmatada, solía producir el colapso del relleno, al tratarse de materiales poco compactados. Desde superficie, aún se observa el colapso con la estratificación del relleno y las paredes de la cavidad.			
ÉPOCA:		IMAGEN	
Explotadas durante la primera mitad del siglo XX, las labores Berto fueron trabajos de pequeña entidad, en ocasiones beneficiadas como satélites de la principal mina del sector: Las Mánforas. Los últimos trabajos realizados en las labores fueron unas prospecciones mediante la realización de cuatro sondeos en 1974.			
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: AMPLIACIÓN DEL VALLADO PERIMETRAL Y CARTEL INDICADOR CON LA SÍNTESIS DEL PROCESO DE FORMACIÓN DEL COLAPSO.			

Figura 235: Ficha descriptiva del PIM-4.

9.3.5. MINA ALMANZORA (PIM-5)

Recorrido de interior de gran interés, con algunas zonas de inestabilidad. Destaca principalmente el gran pilar y la sala, ambos constituidos por esfalerita cristalina (Figura 236).

PIM-5	MINA ALMANZORA		
COORDENADAS: X: 354480/ Y: 4781917		TIPO PATRIMONIAL: VARIOS (ML, MT, GG, GN)	
DESCRIPCIÓN:		SITUACIÓN	
Con 3 niveles de explotación, la mina Almanzora es tras Las Mánforas, la mayor explotación del Macizo Central. El nivel inferior consta de una galería de arrastre por la que se cree se evacuaba todo el material, tanto estéril como mena. A ella acceden galerías y labores secundarias de escasa entidad. Al inicio de la galería se desarrollan diversos trabajos mineros: pozo interior, realces, pequeñas cámaras. La galería avanza en estéril hasta la mitad de su recorrido. Cabe destacar una gran cámara desarrollada enteramente en esfalerita cristalina.			
ÉPOCA:		IMAGEN	
Pertenecientes a las labores Zulema del grupo minero del Duje, la zona estuvo en explotación desde finales del siglo XIX, con pequeños trabajos superficiales hasta la mitad del siglo XX, cuando se produce la reprofundización de las minas y el máximo de explotación.			
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS ELEMENTOS MINEROS DEL INTERIOR. RECORRIDOS GUÍADOS CON PARADAS EN CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DESTACADOS (MINEROS Y GEOLÓGICOS). CIERRE DEL ACCESO A LOS NIVELES SUPERIORES Y A LA GRAN SALA.			

Figura 236: Ficha descriptiva del PIM-5.

9.3.6. MINA DE LAS MÁNFORAS (PIM-6)

La principal mina del Macizo Central se encuentra, hoy día, clausurada por decisión de la Dirección del Parque Nacional. De los seis niveles con los que contaba la explotación, tan solo el primero es practicable a pie, siendo necesario el uso de cuerdas para los dos siguientes (principalmente para el paso al tercer nivel) y estando los tres inferiores inundados (Figura 237).




PIM-6	MINA DE LAS MÁNFORAS	
COORDENADAS: X: 354251/ Y: 4782036		TIPO PATRIMONIAL: VARIOS (ML, MT, GG, GN)
DESCRIPCIÓN:		
Principal mina del Macizo Central de los Picos de Europa. Con seis niveles de explotación (de los cuales los 3 inferiores se encuentran inundados), de esta mina, se han extraído ejemplares de esfalerita cristalina (blenda acaramelada) que se encuentran hoy en día en los principales museos del mundo. Conserva en un estado casi integro de conservación, numerosos elementos mineros, destacando los diferentes tipos de sostenimiento y los elevadores, que debido a las duras condiciones invernales y a los desprendimientos tuvieron que realizarse interiores.		SITUACIÓN
		
ÉPOCA:		IMAGEN
La zona de la mina de Las Mánforas fue la primera en ponerse en explotación en la segunda mitad del siglo XIX y estuvo beneficiándose casi ininterrumpidamente hasta 1989. La última etapa, desde el año 1985, en que la empresa Asturiana de Zinc, S.A. (antigua R.C.A.M.) vende las concesiones de la zona de Áliva, al empresario Agustín Fernández Balmori, estuvo caracterizada por la recuperación de esfalerita para uso ornamental y no industrial.		
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: MINA ACTUALMENTE CLAUSURADA. SE DEBERÍA REALIZAR UN ESTUDIO ESPECÍFICO GENERAL A FONDO DE LA MINA, ASÍ COMO UNA PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DE LOS DOS NIVELES SUPERIORES.		

Figura 237: Ficha descriptiva del PIM-6.

9.3.7. EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS (PIM-7)

Las estructuras semicirculares aledañas a la mina de Las Mánforas, sirvieron de alojamiento, vestuarios y comedores para los mineros. Tras los años de abandono, estas edificaciones necesitan una consolidación previa para su puesta en valor, ya que se corre el riesgo tanto de la pérdida patrimonial, como de posibles incidentes durante las visitas (Figura 238).




PIM-7	EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS		
COORDENADAS: X: 354251/ Y: 4782036		TIPO PATRIMONIAL: EDIFICACIÓN (ME)	
DESCRIPCIÓN:		SITUACIÓN	
Edificios de viviendas, cocinas y comedor de la mina de Las Mánforas. Se conservan restos de los vestuarios, y utensilios de cocina, así como calefactores, y mobiliario de las habitaciones. El ingreso se realiza desde la nave semicircular por la que se accede a las labores de interior.			
ÉPOCA:		IMAGEN	
Los vestigios exteriores de la mina de Las Mánforas corresponden principalmente a las obras realizadas en los años setenta, sucediendo a antiguas infraestructuras existentes en la zona desde finales del siglo XIX. Estas edificaciones permitieron ya en la segunda mitad del siglo XX que pudiese trabajarse incluso en los meses de invierno. Se abandonaron en 1989 con el cierre de la mina de Las Mánforas.			
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: NECESARIO INVENTARIO DE LOS ELEMENTOS DEL INTERIOR; CONSOLIDACIÓN DE LOS RESTOS DE LA ESTRUCTURA; SEÑALIZACIÓN E INTEGRACIÓN EN UN ITINERARIO GEOTURÍSTICO DESDE EL HOTEL-REFUGIO DE ÁLIVA.			

Figura 238: Ficha descriptiva del PIM-7.

9.3.8. PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS (PIM-8)

Los restos de la planta de tratamiento de Las Mánforas, situados en la misma plaza donde se ubican los edificios de viviendas, necesitan de una consolidación y restauración previa a su puesta en valor, tal y como se indica en la Figura 239.




PIM-8	PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA MINA DE LAS MÁNFORAS	
COORDENADAS: X: 354252 / Y: 4782036		TIPO PATRIMONIAL: EDIFICACIÓN (ME)
DESCRIPCIÓN:		SITUACIÓN
Constaba de dos máquinas de flotación de 6 celdas, de un clasificador con bombas para la pulpa, y de diversas bombas de agua. La técnica de la flotación consiste en una vez triturado suficientemente fino el todo uno de mena, que contiene galena, esfalerita, otros sulfuros y algo de ganga, introducirlo mezclado con agua en unas celdas. En ellas se insufla aire generando unas burbujas, se añaden reactivos de tal forma que unos minerales se “pegan” a estas burbujas y son extraídos por arriba con unas paletas, mientras que el resto de la mezcla, ayudada por unos reactivos depresores se va al fondo de la celda.		
ÉPOCA:		IMAGEN
En el año 1957, la sociedad Carbones La Nueva construye el lavadero de flotación, el cual permitió la recuperación de sulfuros, técnica que data de principios del siglo XX. Esta planta estaba diseñada para el tratamiento de 50 toneladas/día de todo-uno, con recuperación del 90% de cinc y el 80% de plomo de los minerales brutos. Las instalaciones se han ido modernizando hasta el abandono definitivo de la mina y la planta en el año 1989.		
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN: NECESARIA CONSOLIDACIÓN DE LOS RESTOS DE LA ESTRUCTURA. RECONSTRUCCIÓN DE LAS PARTES CAÍDAS. SEÑALIZACIÓN E INTEGRACIÓN EN UN ITINERARIO GEOTURÍSTICO DESDE EL HOTEL-REFUGIO DE ÁLIVA.		

Figura 239: Ficha descriptiva del PIM-8.

9.4. PROPUESTA DE DECLARACIÓN DEL SECTOR DE ÁLIVA COMO LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO-MINERO

Como se indicó en el primer capítulo, en la zona de estudio se localizan varios Lugares de Interés Geológico (IGME, 2015), uno de ellos, con el código TMP107 (Yacimiento de Zn-Pb de Áлива) centrado en las mineralizaciones de este sector. En la descripción del mismo se indica: *“Mineralización de blenda y galena, con leyes medias del 12 % en Zn y 0,8 % en Pb, desarrolladas en cavidades kársticas asociadas a fracturas N-120° y escamas intraformacionales con relleno de calcita, dolomita y sulfuros dispuestas aisladamente. Entre los minerales accesorios aparecen, además, calcopirita y smithsonita. La explotación se llevó a cabo desde mediados del siglo XIX, para calaminas inicialmente, y posteriormente para blenda y galena. Explotadas por medio de un transversal acceso y dos pozos verticales que comunican con 5 plantas interiores a cotas descendentes.”*

Esta descripción hace referencia a la mina de Las Mánforas, y en concreto a sus aspectos metalogenéticos. En los LIG's no se contemplan habitualmente estructuras antrópicas. En el caso de las labores de Áлива, no cabe duda de que los ejemplares de esfalerita acaramelada han sido los que han dado renombre internacional a estas minas, pero no son el único elemento patrimonial (mueble, en este caso) como hemos visto. Adicionalmente, la mina de donde salían la mayor parte de los ejemplares, está clausurada. En esta investigación se quiere recalcar que el gran aporte que han ofrecido estas minas es su importante legado histórico, tanto inmaterial, con los relatos de las vivencias de los trabajadores de las minas, como material, con los vestigios mineros, a modo, principalmente de edificaciones y labores subterráneas.

Como se mencionó en el capítulo anterior, de los 8 Puntos de Interés Minero que se han propuesto, 6 corresponden a este sector:

-PIM3: Chalet Real de la Real Compañía Asturiana de Minas.

-PIM4: colapso de dolina rellena en el pozo P4 de las labores Berto.

-PIM5: mina Almanzora.

-PIM6: mina de Las Mánforas.

-PIM7: edificios de viviendas de la mina de Las Mánforas.

-PIM 8: planta de tratamiento de la mina de Las Mánforas.

Además, encontramos otros elementos destacables en el área, tanto mineros como geológicos (Figura 240), que se han denominado como elementos de interés secundario, que complementan a los anteriores, y que pueden incluirse en algunas de las rutas propuestas. Los elementos mineros serían:

-EM1: escombreras con presencia de esfalerita acaramelada y restos fósiles de crinoides de las labores Inés.

-EM2: sondeos horizontales de exploración y estructuras asociadas de las labores Zulema.

-EM3: dique de estériles de Las Mánforas. Hasta su posible eliminación, se propone incluirlo como elemento minero de manera provisional, para entender la parte final del ciclo extractivo.

-EM4: sondeos de exploración en la base del cordal de Juan de la Cuadra.

-EM5: base del cable de la Canal del Vidrio y panorámica de la explosión de Kachinski.

-EM6: polvorín/refugio de la base de la Canal del Vidrio.

-EM7: casas de mineros en la parte superior de la Canal del Vidrio.

Entre los elementos geológicos que destacan en la zona, dos están inventariados en el IGME como Lugares de Interés Geológico, son el “56004, circos y morrenas de Áliva” (morrena de la Lomba), denominado en esta propuesta como EG1 y el “TMP103, gonfolitas del Duje”, EG2 de este trabajo. El otro elemento propuesto es el EG3, un afloramiento de calcita espática en el emboquille de la galería G9 de la mina Providencia.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de elementos singulares, cabe la posibilidad de realizar la propuesta de declaración de este sector como Lugar de Interés Geológico-Minero (LIGM), con la siguiente denominación:

“Labores mineras de interior y edificios asociados a la minería de Pb-Zn en el sector de Áliva y su entorno geológico”.

Las dimensiones del LIGM propuesto corresponden a la práctica totalidad del sector minero, excluyendo la mina de Marta Navarra y el grupo minero de Horcadina de Covarrobres. El límite norte se sitúa en la base del cordal de Juan de la Cuadra, el oeste en la base del pico de Peña Vieja, el sur en el cordal de los Cuetos de Juan Toribio terminando al sureste en el cruce del camino que sube al Hotel-Refugio de Áliva y al noreste en las labores Inés.

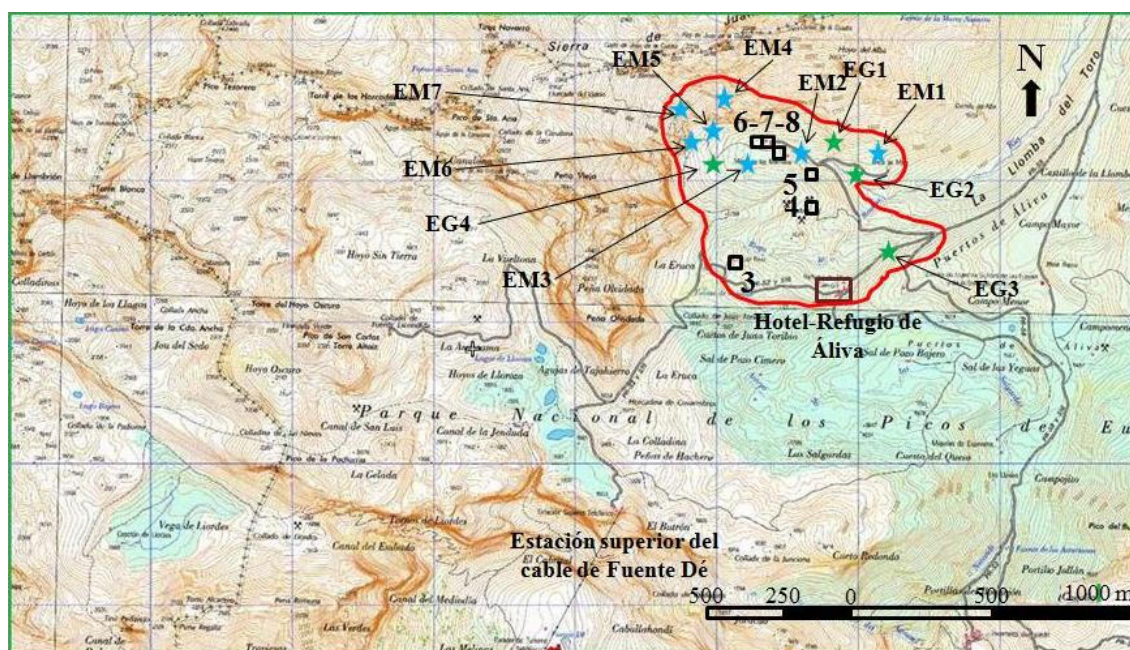


Figura 240: Delimitación del Lugar de Interés Geológico-Minero propuesto. En negro, los PIM's; en azul y verde, los elementos mineros y geológicos secundarios.

9.5. PROPUESTAS DE DECLARACIÓN DE BIENES DE INTERÉS CULTURAL

Como se ha venido expresando en esta Tesis Doctoral, la minería ha jugado un papel notable en el desarrollo económico y social de los Picos de Europa. Fruto de esta actividad nos ha llegado hasta nuestros días un rico patrimonio en forma de vestigios mineros. Algunos elementos se encuentran en un estado de conservación aceptable o incluso excelente, como el caso del Chalet Real. Otros, sin embargo, con el paso de los años y debido principalmente a las condiciones climáticas extremas de la zona, han sufrido un deterioro importante que ha llevado a su destrucción casi total, siendo dificultosa incluso su identificación o utilidad original.

Es por ello que para salvaguardar el legado patrimonial, se considera fundamental otorgar unas figuras de protección legal a los elementos patrimoniales de mayor relevancia. Como ya se ha indicado, el patrimonio industrial-minero está más ligado a la cultura que a la naturaleza. Dentro del patrimonio cultural, la figura más apropiada de entre las existentes en la actualidad es la de Bien de Interés Cultural (BIC).

En la Comunidad de Cantabria, las categorías B.I.C. que encontramos, coinciden con las establecidas en la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español. Para poder valorar en que categoría podrían incluirse los elementos patrimoniales, es necesario ver la definición de cada una de ellas y que aparece en el artículo 15 de dicha ley:

1. Son Monumentos aquellos bienes inmuebles que constituyen realizaciones arquitectónicas o de ingeniería, u obras de escultura colosal siempre que tengan interés histórico, artístico, científico o social.

2. Jardín Histórico es el espacio delimitado, producto de la ordenación por el hombre de elementos naturales, a veces complementado con estructuras de fábrica, y estimado de interés en función de su origen o pasado histórico o de sus valores estéticos, sensoriales o botánicos.

3. Conjunto Histórico es la agrupación de bienes inmuebles que forman una unidad de asentamiento, continua o dispersa, condicionada por una estructura física representativa de la evolución de una comunidad humana por ser testimonio de su cultura o constituir un valor de uso y disfrute para la colectividad. Asimismo es Conjunto Histórico cualquier núcleo individualizado de inmuebles comprendidos en una unidad superior de población que reúna esas mismas características y pueda ser claramente delimitado.

4. Sitio Histórico es el lugar o paraje natural vinculado a acontecimientos o recuerdos del pasado, a tradiciones populares, creaciones culturales o de la naturaleza y a obras del hombre, que posean valor histórico, etnológico, paleontológico o antropológico.

5. Zona Arqueológica es el lugar o paraje natural donde existen bienes muebles o inmuebles susceptibles de ser estudiados con metodología arqueológica, hayan sido o no extraídos y tanto si se encuentran en la superficie, en el subsuelo o bajo las aguas territoriales españolas.

Algunas de las consecuencias más destacables de la declaración de un BIC serían:

- Un inmueble declarado BIC es inseparable de su entorno. No se podrá proceder a su desplazamiento o remoción, salvo que resulte imprescindible por causa de fuerza mayor o de interés social (Art. 18).
- La declaración de un Conjunto Histórico, Sitio Histórico o Zona Arqueológica como BIC, determinará la obligación para el municipio o municipios en que se encontraren de redactar un Plan Especial de Protección u otro instrumento de planeamiento de los previstos en la legislación urbanística que cumpla en todo caso las exigencias establecida en la ley 16/1985. La aprobación de dicho Plan requerirá el informe favorable de la Administración competente para la protección de los bienes culturales afectados. La obligatoriedad de dicho Plan no podrá excusarse en la preexistencia de otro planeamiento contradictorio con la protección, ni en la inexistencia previa de planeamiento general (Art. 20).

- Cualquier obra o remoción de terreno que se proyecte realizar en un Sitio Histórico o en una Zona Arqueológica declarados BIC deberá ser autorizado por la Administración competente para la protección de dichos bienes, que podrá, antes de otorgar la autorización, ordenar la realización de prospecciones y, en su caso, excavaciones arqueológicas (Art. 22).
- En ningún caso podrá procederse a la demolición de un inmueble sin previa firmeza de la declaración de ruina y autorización de la Administración competente, que no la concederá sin informe favorable de al menos dos de las instituciones consultivas a las que se refiere el artículo 3 (Art. 24).
- Los bienes integrantes del Patrimonio Histórico Español deberán ser conservados, mantenidos y custodiados por sus propietarios o, en su caso, por los titulares de derechos reales o por los poseedores de tales bienes (Art. 36).

De entre los elementos destacados en esta investigación, como se ha visto en los capítulos 9.3 y 9.4 encontramos 8 Puntos de Interés Minero y un Lugar de Interés Geológico-Minero. Seis de los PIM estarían incluidos dentro del LIGM. Analizando las categorías anteriores, las más apropiadas y que encajan más con estos elementos serían la de Monumento y Sitio Histórico.

Se considera que la estructura del cable de Fuente Dé y la Galería de arrastre de la mina de Las Gramas podrían ser catalogadas como Bienes de Interés Cultural, bajo la categoría de Monumentos y que el sector minero de Áliva podría ser propuesto como Sitio Histórico.

9.6. PROPUESTA DE ESTUDIO PARA LA RECUPERACIÓN DEL DIQUE DE ESTÉRILES DE LAS MÁNFORAS.

La mayor problemática a la que se ha enfrentado la gestión de los vestigios mineros, por parte de las autoridades del Parque Nacional, ha sido la existencia del dique de estériles de la mina de Las Mánforas. En conversaciones mantenidas con el director del Parque Nacional, D. Rodrigo Suárez Robledano (2010), se indicaba que la Jefatura de Minas de Santander no era competente para su gestión, puesto que el cierre de la mina se produjo con anterioridad a que se exigiese, por parte de la normativa española y de las comunidades autónomas, la restauración ambiental de los espacios mineros degradados. Las autoridades del propio Parque, al considerar estos vestigios como mineros, tampoco veían como propia la responsabilidad de su eliminación.

En un principio, el dique está compuesto por estériles, principalmente caliza. Un correcto funcionamiento de la planta de tratamiento del mineral, minimiza los residuos metálicos, puesto que estos son los elementos que interesan a la compañía benefactora. No obstante, no existe un estudio detallado de la composición de dicho dique, ni informes que aseguren que durante los años de funcionamiento de la planta se hayan producido o no vertidos de elementos contaminantes.

Por otro lado, el problema ambiental, no deriva solo de la posible existencia de elementos metálicos. Los propios residuos inertes pueden ocasionar graves daños al ecosistema, como se ha podido comprobar en otros casos de la geografía española. Un ejemplo similar lo encontramos en el Alto Tajo, en la provincia de Guadalajara (Martín-Duque *et al.*, 2008 y 2009 y Martín, 2013). En ese caso, el material extraído es caolín. El tamaño fino de las partículas que componen las escombreras es fácilmente transportado por el viento y el agua, y se acumula en las zonas deprimidas, especialmente en cauces de arroyos y ríos. Este material tapiza la superficie de los cauces e impide el anidamiento de especies acuáticas, produciendo un daño tanto ambiental como económico, dado el riesgo de afección a la pesca deportiva. Por otra parte,

la introducción de estos materiales en el subsuelo puede producir el sellado de fracturas, lo que conlleva alteraciones en el sistema hidrogeológico, a la vez que transmite los elementos contaminantes a las aguas subterráneas.

Aunque no es un objetivo básico de esta Tesis Doctoral, el análisis detallado para acometer la restauración ambiental del dique de estériles de la mina de Las Mánforas, se quiere dedicar unas líneas para esbozar un futuro estudio que permita la eliminación parcial o total de esta amenaza potencial.

Cabe indicar que ya visualmente se aprecian en ciertos lugares de la superficie del Parque, zonas de concentración de elementos metálicos, y que el transporte del material se evidencia por el entorno, existiendo acumulaciones de los mismos, tanto en el interior de los pozos y galerías (llegando a colmar la galería G16 de las labores Zulema-Bat-Manolita, Figura 241), como en las praderas aledañas y a lo largo del cauce del río Duje. Además de los materiales finos, se encuentran dispersos por toda el área desechos metálicos que nada tienen que ver con el tratamiento del mineral, y que deberían ser retirados.



Figura 241: Galería G16 de las labores Zulema-Bat-Manolita. Conecta con los pozos P14 y P15 en la base del dique, por donde se introducen los finos.

De los ensayos de laboratorio que se realizaron en el IGME y aunque se tratase de solo una muestra aleatoria, cabe resalta la elevada concentración de minerales de plomo (galena y cerusita) y de cinc (esfalerita), principalmente de galena. El contenido en Pb y Zn medido mediante ICP-AES ha sido de 20,19 % y 9,70 % respectivamente. A falta de un estudio detallado podría justificarse estos valores elevados debido a que en algunos periodos no se hubiesen tratado los minerales de plomo, ya que el principal elemento de interés era el cinc (hay que recordar que el contenido en cinc en estas minas es muy superior al de plomo).

La amplia dispersión de los materiales es debido al tamaño de grano, correspondiente a una arena fina. En los ensayos se obtuvo que 99,43 % pasa el tamiz de 0,500 mm, el 83,87 el de 0,250 mm y 32,23 el de 0,125.

Una de las actuaciones que podrían realizarse para eliminar parcialmente estos materiales podría ser la reintroducción de los mismos en algunas de las galerías próximas, como pueden ser las de Providencia o los niveles superiores de Las Mánforas. Esto sería factible hacer en aquellas zonas, en las que tras un estudio hidrogeológico en detalle, se verifique que no se verán afectadas las filtraciones principales de aguas subterráneas, para no alterar el sistema hidrogeológico. En cuanto al espacio necesario para eliminar los finos, según los datos de Gutiérrez y Luque (2000), el dique posee un volumen de 600.000 toneladas. Debido a que la mayor parte del material extraído de la mina se encontraba en los niveles inferiores, el volumen de huecos por encima del nivel freático de Las Mánforas (solo 3 niveles por encima de él) es muy inferior a los del dique. Los huecos en la mina Providencia, de mucha menor entidad, tampoco sumarían un volumen suficiente que llevase a la eliminación total del problema ambiental. Adicionalmente, este método podría resultar muy costoso y sería necesario el empleo de maquinaria pesada, tanto para la movilización de los finos como para una posible reinyección en galerías inferiores (para lo cual sería necesario el uso de gran cantidad de cemento, que habría que transportar hasta la zona).

Lo más apropiado es analizar lo que indica la ley minera al respecto, puesto que por la actividad que se desarrolló es la que tiene las mayores competencias. El Artículo 34 del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio (BOE-A-2009-9841), expone las directrices para la realización de un Proyecto de cierre y clausura de una instalación de residuos mineros. El objetivo principal es la *la determinación de las medidas necesarias para la rehabilitación y la estabilización física y química de la instalación para garantizar a largo plazo su seguridad estructural y evitar cualquier proceso de contaminación*. Para ello las actuaciones deben ir enfocadas a:

- La estabilización geotécnica de los taludes.
- La protección de los taludes contra la erosión superficial o por inundaciones exteriores y degradación de los materiales por meteorización.
- La instalación de sistemas de desagüe para evitar la acumulación incontrolada de agua de lluvia o de escorrentía y sistemas de drenaje para el rebajamiento de los niveles freáticos, así como dispositivos de recogida o sistemas de tratamiento de filtraciones y lixiviados.
- Remodelado de la instalación de residuos mineros para la canalización de las aguas.
- Colocación de sistemas de sellado o impermeabilización de la superficie de la instalación de residuos mineros para evitar la infiltración del agua superficial, la contaminación de los suelos naturales de cubrición y la formación de polvo.

9.7. RUTAS GEOMINERAS

De los tres sectores inventariados, los dos con más tránsito de visitantes son los de Lloroza y Áliva. A estas dos zonas acceden toda clase de visitantes, bien por el cable de Fuente Dé o por los caminos de Espinama o Tielve. En cada una de estas dos zonas se propone la realización de un itinerario geoturístico o ruta geominera. La información y descripción de las rutas puede estar al alcance de los potenciales geoturistas en las páginas web, tanto del Parque Nacional como de CANTUR. Además, sería necesario y podría colocarse un cartel con su descripción en la base del cable de Fuente Dé, tal y como se muestra en la Figura 242.

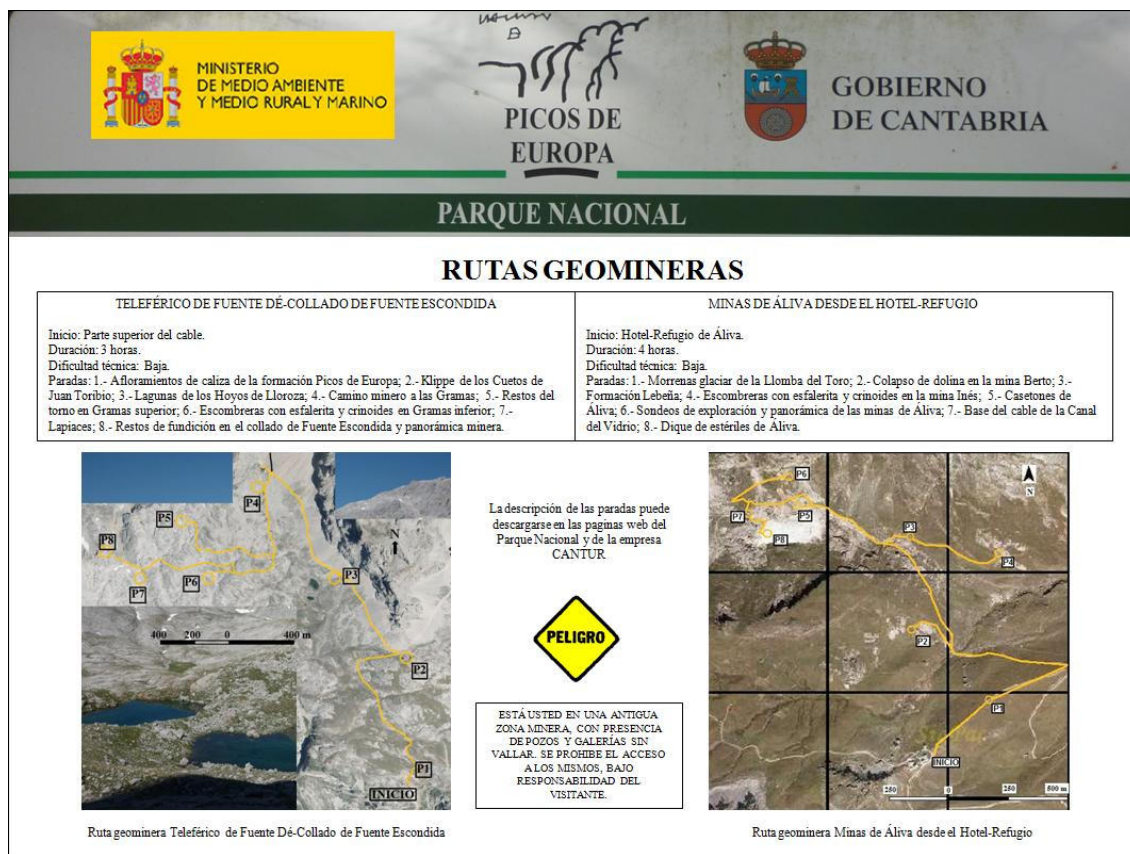


Figura 242: Propuesta de cartel con las rutas geomineras diseñadas.

9.7.1. MINAS DE ÁLIVA DESDE EL HOTEL-REFUGIO

El sector de Áliva es el que concentra mayor número de elementos patrimoniales, principalmente ubicados en el grupo minero de Las Mánforas, pero también en las labores mineras de los grupos aledaños, como es el caso de Rosario-Poquito, Inés, Zulema-Bat-Manolita y la Canal del Vidrio. La diversidad de los elementos mineros, que incluyen las fases de exploración, explotación y tratamiento del mineral, así como los testimonios de la vida cotidiana de los mineros, pueden observarse durante el recorrido de un itinerario apto para todo tipo de público, que contiene además elementos geológicos de interés.

La zona de Áliva es una de las más transitadas del Macizo Central. Se puede acceder a esta zona de los Picos de Europa de varias maneras:

- A pie, desde el camino del Teleférico,
- En vehículo todo terreno, desde Espinama por los invernales de Igüedri o desde Tielve por los invernales de Texu.

Los principales destinos actuales de esta zona, son el Chalet Real, perteneciente a A.Z.S.A, el Hotel-Refugio (abierto desde los meses de junio a octubre), la mina de Las Mánforas y la ermita de Nuestra Señora de las Nieves (Santuca de Áliva). Sin embargo, existe una demanda potencial y actual de los excursionistas por conocer el significado y la historia, tanto de las formaciones geológicas como de los vestigios de la actividad minera, que entre otras cosas se pueden apreciar cuando uno recorre estas zonas como investigador y atiende las dudas y consultas de muchos excursionistas, que además plantean estas preguntas en el refugio y teleférico (Jordá y Jordá, 2011).

Para descubrir este paisaje minero tan peculiar se propone un recorrido realizable a pie y cuyo punto de partida sea el Hotel-Refugio de Áliva, perteneciente a la empresa pública CANTUR. La duración aproximada del itinerario es de cuatro horas y al no presentar dificultades técnicas es apto para todo tipo de público (Figura 243).

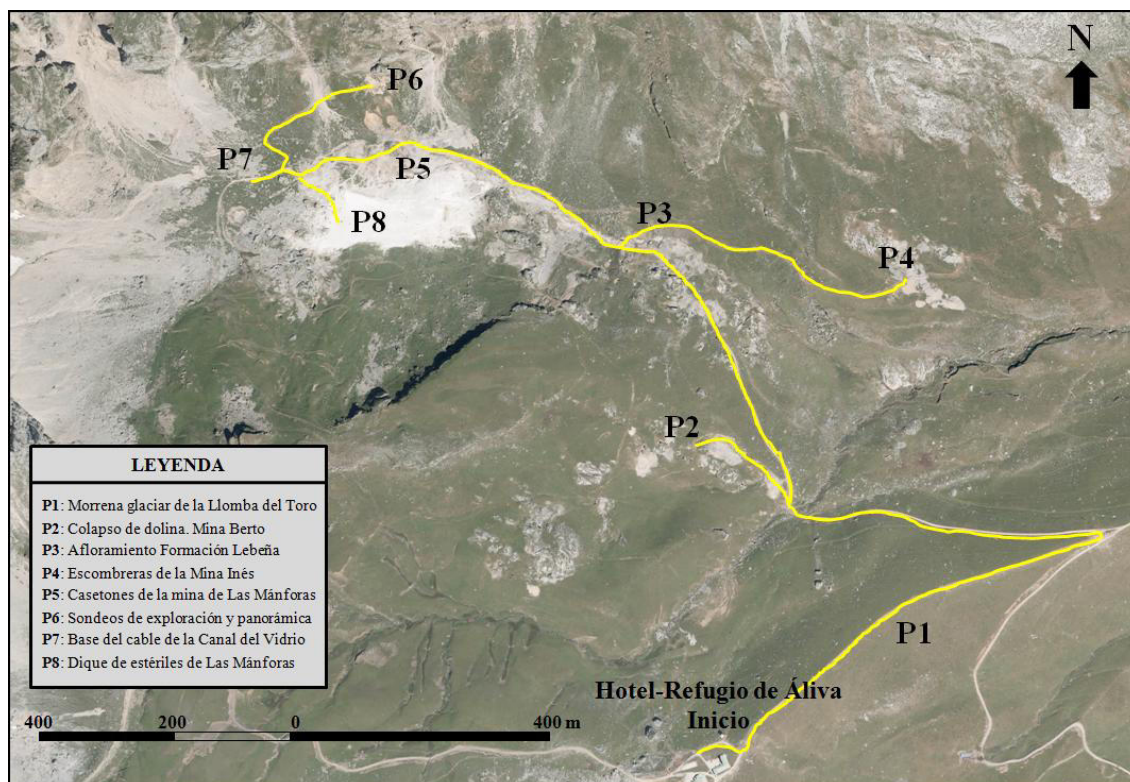


Figura 243: Ruta geominera propuesta desde el Hotel-Refugio de Áliva (inicio) (base cartográfica de Sigpac).

Descripción del itinerario

Partiendo desde el hotel en dirección noreste, descendemos por la cresta donde se asienta el propio hotel. A escasos 250 metros encontramos un bloque grande de caliza donde se sitúa la primera parada. Se trata de una panorámica de toda la morrena glaciar de la Llomba del Toro. Esta gran masa de materiales detríticos que desciende desde los circos superiores en dirección a Sotres, es el relicto de los últimos glaciares que desaparecieron a finales del siglo XIX. Al desaparecer, se depositaron los materiales que eran transportados por la masa de hielo, como bien lo ejemplifica el gran fragmento de roca de la parada (bloque errático) depositado justo en la cresta de la morrena, que recibe el nombre de Castillo de la Llomba.

Descendiendo, al llegar a un camino ancho giramos a la izquierda, y entramos en un gran valle, por el que circula el río Duje, cuyo cauce se desarrolla en una de las fallas principales que están

estructuralmente relacionadas con la mineralización de la mina de Las Mánforas. Continuando el camino, atravesaremos un arroyo de donde parte un sendero ascendente; lo tomamos y pasadas las dos primeras escombreras encontraremos dos pozos vallados; en el segundo se sitúa la siguiente parada. Dicho pozo es el producto del descalzamiento de una sima rellena de sedimentos cuando se realizó una galería de mina por debajo de la misma.

En Picos de Europa se encuentra una de las mayores concentraciones de cuevas y simas de grandes dimensiones de España. Son el producto subterráneo de la disolución de los materiales calizos. Durante la realización de las galerías de mina en busca de metales es frecuente encontrar simas rellenas como la que se observa en este punto, o vacías, que en el argot minero se denominan “soplaos”.

Volviendo al camino principal continuaremos hasta cruzar el río Duje en una zona con abundantes galerías mineras. De ahí parte un camino en dirección Este, donde está la tercera parada. La ladera junto al camino es un afloramiento de materiales estratificados pertenecientes a la Formación Lebeña (Carbonífero superior). Se trata de una serie rítmica de pizarras, limolitas arenosas y calizas (Parada 3). Son sedimentos sinorogénicos (su deposición es coetánea con el inicio de los movimientos tectónicos). Continuando este camino, llegaremos a la mina Inés. Lo más interesante de esta zona son las escombreras, donde podremos apreciar el mineral explotado, la esfalerita, de color caramelo, que le ha dado fama internacional a este complejo minero. Además de los minerales, pueden apreciarse entre los bloques dispersos, algunos restos fósiles, principalmente crinoideos indicativos del origen marino de las calizas y de su edad paleozoica (Parada 4) (Figura 244).

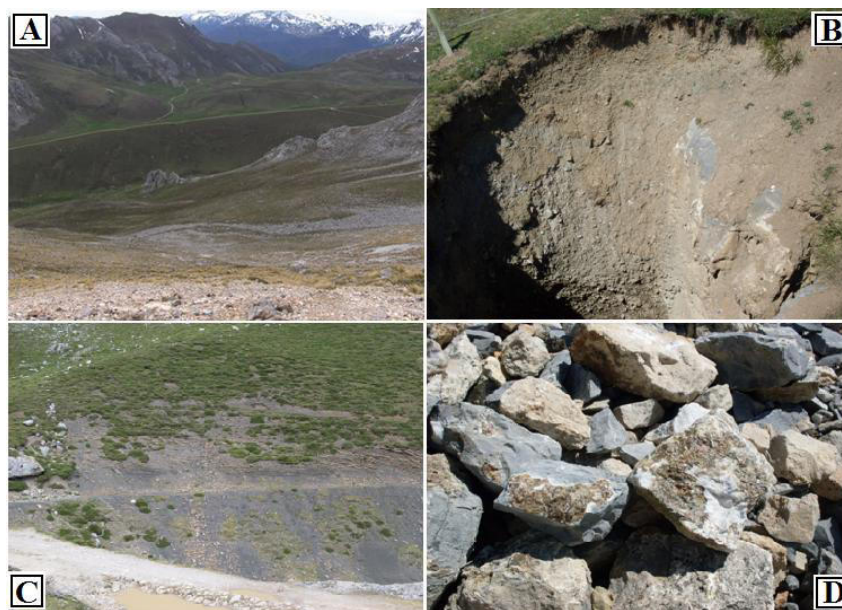


Figura 244: A: Llomba del Toro; B: parada 2 (punto de interés geológico en la mina Berto); C: Formación Lebeña (parada 3) y D: rocas con esfalerita en las escombreras de la parada 4.

Desandando el camino, volvemos en dirección a la mina principal que veremos debajo del Pico de Peña Vieja, el más alto de la zona. En la plaza de la mina (Parada 5) nos detendremos para apreciar los vestigios de la actividad minera. La galería principal de la mina se encuentra cerrada, pero es posible acceder a los vestuarios, cocina y habitaciones de los mineros, aún en buen estado de conservación. En la parte exterior se conserva el edificio del almacén y la celda de flotación donde se hacía el tratamiento del mineral. Pasando por detrás de los edificios, continuamos ascendiendo hasta encontrar un sendero a nuestra derecha en dirección noroeste, a las paredes del Cordal de Juan de la Cuadra. Al final de este sendero (unos cinco minutos de trayecto, aproximadamente) estaremos ante una de las mejores panorámicas mineras de los Picos de Europa (Parada 6). En este mismo punto, en la pared, se pueden observar la embocadura de cuatro sondeos que fueron realizadas durante la época de la explotación para la búsqueda de posibles zonas con mineral.

Descendiendo el sendero, volveremos al camino y nada más incorporarnos a él veremos un gran bloque de caliza con una estructura metálica encima (Parada 7). Se trata de la parte inferior de un teleférico construido para bajar el mineral que se explotaba en la Canal del Vidrio. En el año

1950 tuvo lugar la gran voladura en la Canal del Vidrio conocida como “explosión de Kachinski”, en honor al ingeniero de minas que la dirigió. El objetivo era la extracción de una gran masa de mineral en una zona de difícil acceso. Para realizar esta voladura se hicieron numerosas galerías y pozos que se pueden observar aún en la actualidad. Si nos fijamos en éste y otros bloques cercanos, veremos un claro contraste de color en la roca, diferenciándose la caliza original (más clara) de la dolomía (más oscura). El proceso de transformación de una en otra genera fracturación y huecos en la roca donde pueden alojarse nuevos minerales como la esfalerita. La última parada la realizaremos en la balsa de finos, de nuevo junto a los casetones (Figura 245). Esta gran masa blanca, es el producto sobrante resultado de la separación de los minerales (sulfuros) de la roca estéril, mediante la técnica denominada flotación.



Figura 245: A: casetones de la mina; B: sondeos de exploración; C: base del teleférico y D: balsa de finos.

Para esta ruta geominera que parte desde el Hotel-Refugio de Áliva, al igual que ya se realiza para otras actividades que se proponen desde el mismo, podría editarse un tríptico informativo, en el cual, se describan las paradas a realizar así como unas recomendaciones para una visita segura de la zona. El mismo puede ofrecerse en las oficinas del Parque, en el Hotel-Refugio de CANTUR o descargarse desde la web de estas instituciones.

PARADA 6: SONDEOS DE EXPLORACIÓN

En la pared, se pueden observar cuatro perforaciones que fueron realizadas durante la época de la explotación para la búsqueda de posibles zonas con mineral. Desde este punto, se aprecia una de las mejores panorámicas mineras de Picos de Europa.



PARADA 7: TELEFÉRICO

Nos encontramos ante un bloque de caliza con una estructura ondulada. Se trata de la parte inferior de un teleférico construido para bajar el mineral que se explotaba en la Censal del Vidrio. Si nos fijamos en éste y otros bloques cercanos veremos un claro contraste de color en la roca, diferenciándose la caliza original de la dolomita. El proceso de transformación de una en otra genera fracturación y huecos en la roca donde pueden alojarse nuevos minerales como la esfalerita.



PARADA 8: Balsa de Finos

Este inmensidad blanca, es el producto de la separación de los minerales de la roca. El gran volumen que podemos apreciar nos muestra la gran actividad minera que ha tenido lugar en estas minas durante el siglo XX.



OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

Las minas se encuentran en una zona de alta montaña, donde se pueden producir cambios repentinos de las condiciones atmosféricas. No se recomienda realizar el itinerario con niebla tanto por la posibilidad de perderse como por la existencia de pozos de mina y simas. Los pozos y galerías mineras presentan un alto riesgo por lo que adentrarse en ellos supone un gran peligro.

ITINERARIO

GEOMINERO POR LAS

MINAS DE ÁLIVA



PUNTO DE PARTIDA: HOTEL REFUGIO DE ÁLIVA
DURACIÓN: 4 HORAS
DIFICULTAD: BAJA
ÉPOCA RECOMENDADA: JUNIO-OCTUBRE

Figura 246: Diseño del tríptico divulgativo correspondiente al itinerario geomínero propuesto para las minas de Áliva.

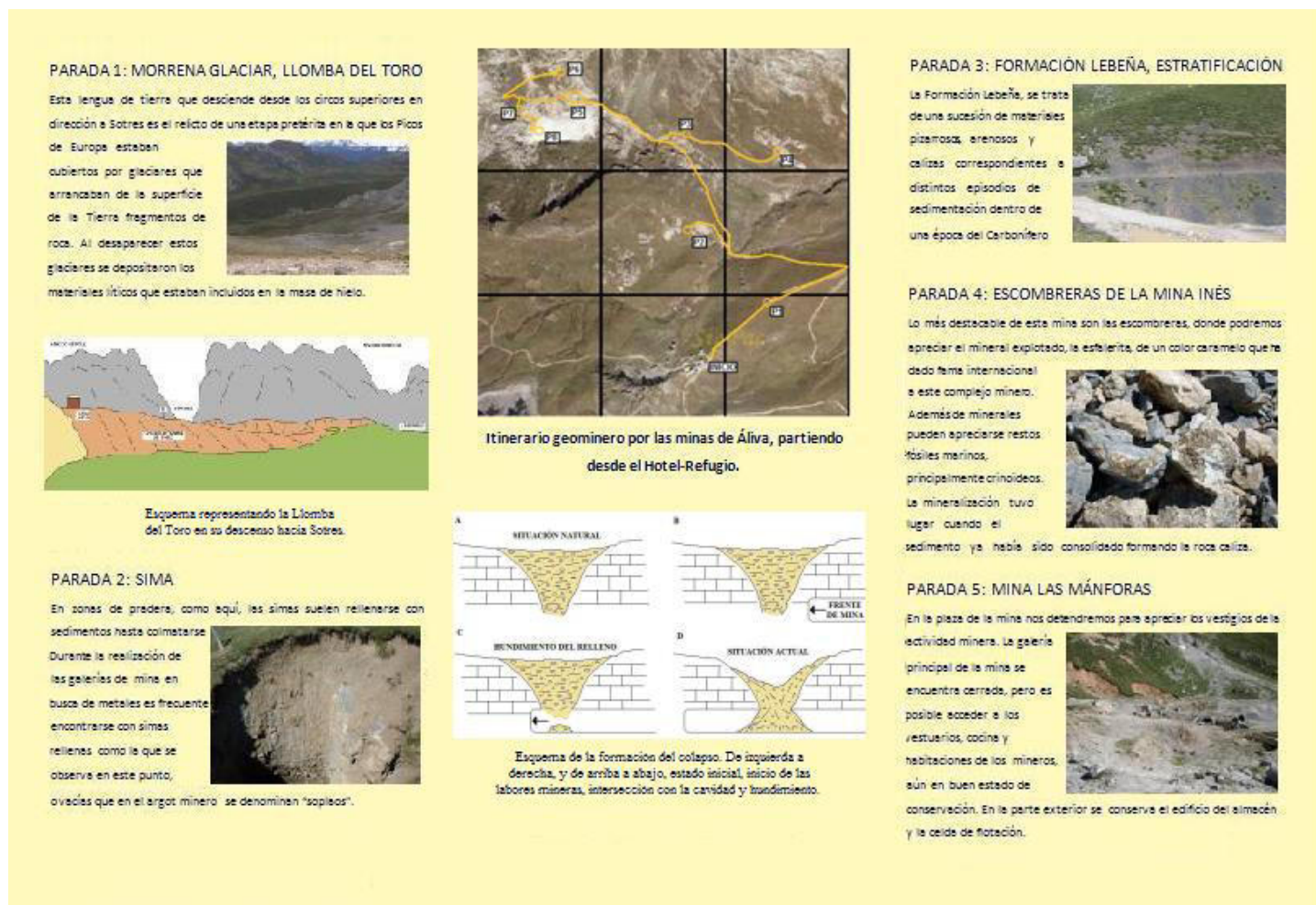


Figura 247: Parte interior del tríptico de la Figura 246.

9.7.2. TELEFÉRICO DE FUENTE DÉ-COLLADO DE FUENTE ESCONDIDA

El acceso al Macizo Central por el teleférico de Fuente Dé es el más utilizado por los visitantes del Parque. Su ubicación, a más de 1800 metros de altura y la poca pendiente de los caminos que discurren desde él, lo hace una zona muy apropiada para el diseño de una georruta para todos los públicos.

Este mismo camino, en su inicio, es uno de los que se utilizan en el itinerario geológico que se plantea en la Guía Geológica del Parque Nacional (Rodríguez Fernández, 2012) (ruta número 10), por lo que se aprovecharán algunas de las paradas indicadas en esa ruta para el diseño de la que aquí se propone. La duración aproximada de este recorrido es de 3 horas incluyendo el tiempo de las paradas, con inicio en la parte superior del teleférico y llegada al collado de Fuente Escondida (Figura 248).

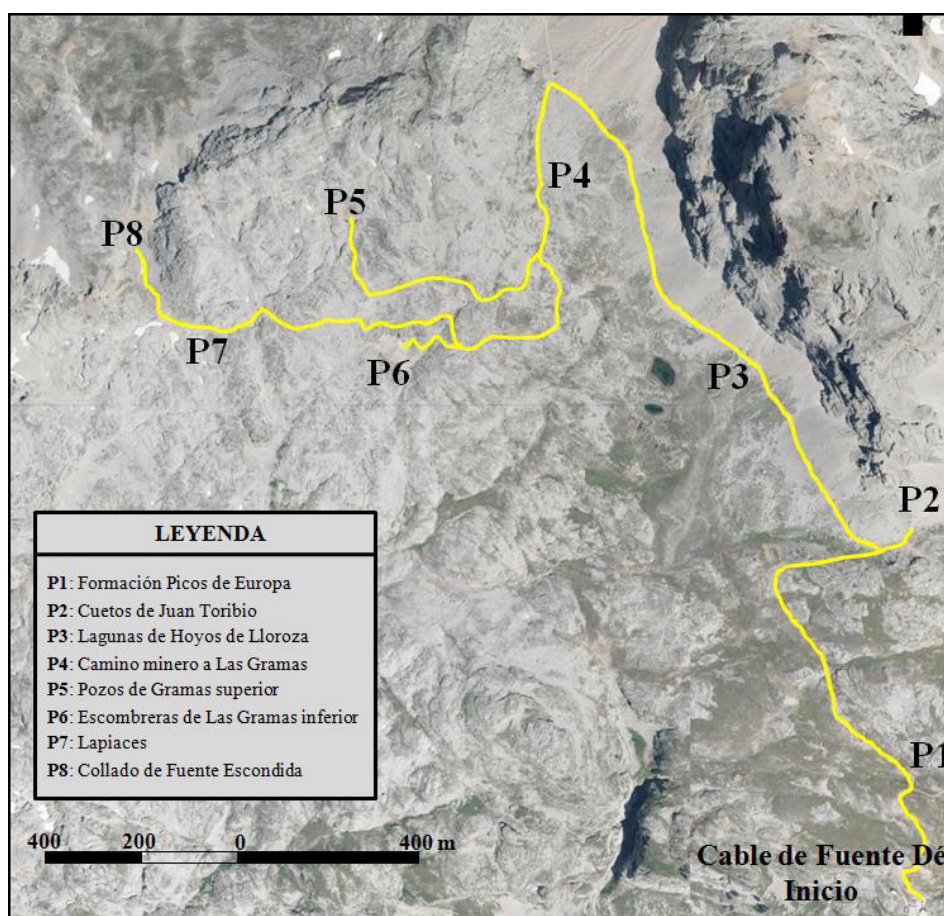


Figura 248: Ruta geomina propuesta desde la parte superior del teleférico (inicio).

Descripción del itinerario

Nada más salir de la estación superior del teleférico, por el camino principal que conduce al collado de Horcadina de Covarrobres, nos encontramos con la primera parada propuesta. Las rocas que afloran en toda esta zona, pertenecen a la unidad litoestratigráfica que es predominante en el Macizo Central, la Formación Picos de Europa. Están constituidas por calizas oscuras con la estratificación bien marcada y en las que pueden apreciarse restos fósiles de organismos marinos, como braquiópodos, corales y crinoideos. Continuando por este camino, tras 15 minutos de paseo se alcanza el collado, donde junto a un afloramiento de rocas siliciclásticas (pizarras y areniscas) se aprecia una panorámica del klippe de los Cuetos de Juan Toribio (parada 2). Este promontorio calizo perteneciente a la Formación Barcaliente se encuentra rodeado y apoyando sobre los mismos materiales siliciclásticos. Lo más destacado es que estos últimos son de edad más moderna y se encuentran dispuestos por debajo. La explicación es que este crestón de roca caliza es un relicto de un cabalgamiento, en el que junto con el macizo de Peña Olvidada y Vieja (a la izquierda), se superpusieron a las formaciones más modernas. La erosión posterior creó el collado que existe hoy día, dejando separados los Cuetos del Macizo.

Retrocediendo unos metros, nos encontramos con un desvío que conduce a Horcados Rojos; a unos doscientos metros, existe una panorámica de varias lagunas (parada 3). La acción glaciaria excavó esta zona, dando el aspecto ondulado de las rocas y produciendo depresiones, que fueron agrandadas por disolución mediante procesos kársticos. La acumulación de materiales arcillosos impermeables favoreció la formación de lagunas, algunas temporales y otras que permanecen con agua prácticamente todo el año. La parada 4 la realizamos en otro camino, tras desviarnos en la Vueltona. Aquí nos encontramos frente a una de las principales obras que tuvieron que efectuar los mineros, el propio camino. En una zona de relieves abruptos era, y es fundamental disponer de buenas vías de comunicación para hacer rentables las explotaciones. La mayoría de los caminos que recorren el Macizo Central son de origen minero. Bien fuesen excavados o mediante muros, los caminos mineros nos permiten hoy día recorrer sin apenas dificultad buena parte del Macizo.



Figura 249: A: afloramientos de caliza de la Formación Picos de Europa, en la parte superior del teleférico de Fuente Dé. B: Cuetos de Juan Toribio. C: Hoyos de Lloroza. D: camino minero a Las Gramas.

Continuando el camino encontramos una bifurcación del mismo a mano derecha en sentido ascendente. Tras pasar algunas pequeñas labores y una escombrera con rocas que presentan restos de crinoideos llegamos a la zona superior de las labores de Las Gramas, la parada 5. Un conjunto de trabajos, especialmente pozos y algunas zanjás y galerías. Entre los elementos se observan los restos de un pequeño malacate o torno que se empleaba para descender a la galería principal de estas minas. En este punto se aprecian además las bocas de numerosas simas. La peculiaridad de estas labores es la interacción de los trabajos mineros con las cavidades naturales, las cuales eran aprovechadas como pozos de ventilación o como coladeros de mineral. Volviendo al camino principal, y esta vez girando a la izquierda, nos encontramos con la escombrera más grande de la zona (parada 6), en la que podremos observar algunos ejemplares de esfalerita. En las calizas donde se encuentran estas mineralizaciones abundan los restos fósiles (crinoideos, principalmente), como se puede ver en el emboquille de la galería principal en la parte superior de las escombreras. En esta zona se apreciaba una fuerte corriente

de aire frío. Al tener una intensa interacción con las cavidades, el comportamiento térmico de esta mina es como el de una cueva, manteniendo una temperatura casi constante durante todo el año.

Volviendo de nuevo al camino principal, lo continuaremos unos centenares de metros hasta encontrarnos con unas superficies coronadas por numerosas crestas cortantes, la parada 7. Se trata de lapiaces, la principal forma exokárstica de Picos de Europa, junto con las dolinas. Son el producto de la disolución superficial por el agua de escorrentía de las rocas calcáreas. Coronando el camino, nos encontraremos en el collado de Fuente Escondida, la última parada de la ruta. Desde esta zona se puede disfrutar de una panorámica de 360° con numerosas labores mineras. En el propio collado se conservan los restos de una antigua fundición (en el suelo hay escorias); hacia el norte tendremos una visión de las labores del Hoyo sin Tierra y hacia el este se observa una gran cicatriz en la montaña, en la ascensión al Pico San Carlos y Altaiz. Se trata de un camino minero para ascender a las labores situadas en la cima de estas montañas.



Figura 250: A: restos del torno en Gramas superior. B: escombreras en Gramas inferior. C: lapiaces. D: restos de fundición en el collado de Fuente Escondida.

9.8. ITINERARIOS SUBTERRÁNEOS

La práctica totalidad de las labores mineras estudiadas en esta zona se desarrollan en terrenos de buena calidad geomecánica. Están excavadas en la mena, que corresponde por lo general a dolomías mineralizadas, y el encajante puede ser de dolomías o calizas, en ambos casos muy buenos terrenos que no precisan en principio, sostenimiento alguno.

Sin embargo, en ocasiones, el acceso a algunas minas está diseñado atravesando depósitos periglaciares (como el caso de la bocamina de Las Mánforas); en esos casos sí que ha sido necesario un sostenimiento pesado de cerchas, hormigón o cuadros de madera muy juntos. Pero se trata de excepciones, la mayoría de las labores mineras han seguido mineralizaciones que afloran en superficie, en terrenos muy competentes.

Para una posible puesta en valor se han considerado, por tanto, únicamente minas excavadas en “roca viva”, donde no hay ningún tipo de sostenimiento. Mediante el análisis empírico y las correspondientes clasificaciones geomecánicas se ha intentado, dar una valoración del grado de calidad del macizo rocoso y otorgar un posible Factor de Seguridad (FS) al hueco abierto y que no tiene ningún tipo de sostenimiento. Del total de galerías inventariadas y exploradas en el área de estudio se han propuesto tres para su posible puesta en valor. En estos casos se ha realizado un análisis geomecánico para conocer la estabilidad de las mismas. Las recomendaciones de cierre o no del resto de las galerías se indican en el Anejo 4.

Se considera que el valor del FS establecido por Houghton y Stacey (1980) de 1,2 para galerías en obras civiles sin sostenimiento no es suficiente para el caso que nos ocupa. En esta investigación, así como en general en trabajos de inventario y valoración de galerías mineras, los medios de los que se va a disponer para la supervisión de las galerías es muy inferior a trabajos de obra civil. Por tanto y tras comprobar los resultados de los análisis geomecánicos, con la realidad de las galerías se establece en 1,3, el valor del FS mínimo para que no tengan ningún tipo de intervención (Figura 251). Por

debajo de este valor deberían clausurarse aquellas labores sin interés patrimonial o incluir medidas de seguridad las que lo tuviesen.

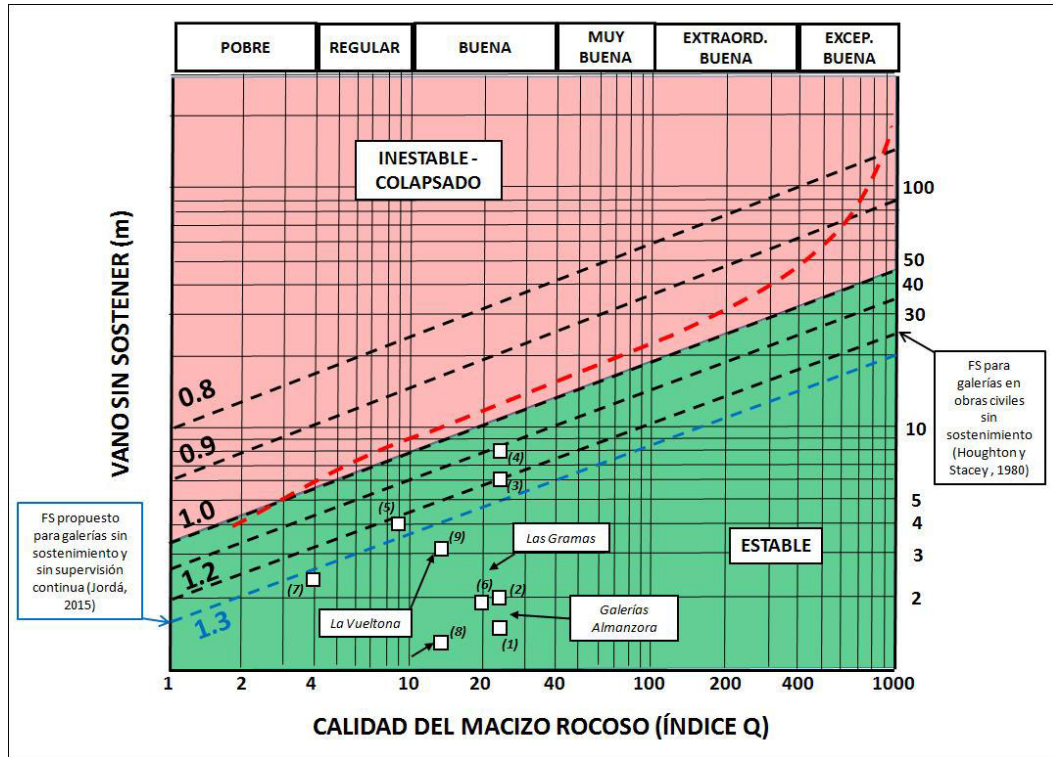


Figura 251: Factor de Seguridad establecido para las galerías mineras sin sostenimiento y supervisión continua y situación de las minas estudiadas en el Macizo Central con respecto a los gráficos de la estabilidad de excavaciones subterráneas sin sostenimiento (modificado de Barton et al., 1980; Houghton y Stacey, 1980).

El hecho de que las galerías sean estables no significa que se deban dejar abiertas para que sean visitadas libremente. Se trata de espacios subterráneos, sin iluminación y en alguno de los casos con un gran valor patrimonial. La mina Almanzora y Gramas inferior, deben ser recorridas exclusivamente con el acompañamiento de guías especializados, por lo que debe procederse al cierre mediante reja metálica en ambos casos. En el segundo caso, el hueco es empleado por grupos internacionales de espeleología. El cierre de la galería no debería ser un impedimento para los trabajos espeleológicos, puesto que estos grupos han de solicitar anualmente un permiso de investigación; en caso de ser otorgado, podrían tener igualmente acceso al interior.

En el caso de la Vueltona, con bajo valor patrimonial, escaso recorrido y con una peligrosidad muy baja, no se considera necesario su cierre.

10. CONCLUSIONES

Desde hace unos años se han llevado a cabo una serie de iniciativas de puesta en valor del patrimonio geológico en el Macizo Central de los Picos de Europa. Principalmente coordinadas por la autoridades del Parque Nacional y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Sin embargo, el patrimonio minero, íntimamente ligado tanto a la propia geología como a la historia y cultura de los habitantes de la zona ha estado siempre en un segundo plano, no existiendo hasta la fecha un inventario ni una valoración objetiva de los vestigios mineros.

El área de estudio comprende los sectores mineros de Liordes, Fuente Dé, Lloroza y Áliva, en la vertiente cántabra del Macizo Central de los Picos de Europa. La minería estuvo aquí presente desde mediados del siglo XIX, cuando comienzan los trabajos de extracción por parte de la Real Compañía Asturiana de Minas, hasta finales de los años 70 del siglo XX, en los que un empresario, Agustín Fernández Balmori, se dedicó a beneficiar los ejemplares de esfalerita acaramelada para uso ornamental y de coleccionismo.

Las muestras de esfalerita acaramelada procedentes de las minas de Áliva, están presentes en los más importantes museos de muchos países, y son el principal patrimonio mueble que nos recuerda un floreciente pasado minero dentro del actual Parque Nacional de los Picos de Europa.

Los restos mineros, tanto exteriores como subterráneos, pueden suponer un activo turístico adicional en uno de los parques más visitados de España. No obstante, la presencia de huecos mineros presenta también una problemática en materia de seguridad, por lo que resulta necesario antes de acometer cualquier tipo de intervención realizar una identificación apropiada de los elementos mineros presentes.

Debido a la necesidad de contar con una metodología de inventario y valoración de cara a una adecuada gestión de los vestigios de la minería, se propone un sistema de valoración del patrimonio minero basado en los criterios establecidos por el IGME para el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) en la valoración del patrimonio geológico. Esta valoración se realiza para elementos geológico-mineros puntuales, así como para las labores mineras, tanto de exterior como de

interior, lo que facilita una vez conocido el patrimonio potencial, la gestión del mismo a diferentes escalas. Dicho sistema, es aplicable no solo a la minería del área de estudio, sino en general a cualquier área minera abandonada.

Con dicha metodología, se ha realizado el inventario de los elementos mineros de los sectores de Fuente Dé, Lloroza y Áliva y de los elementos geológicos vinculados a la minería, así como el reconocimiento de los vestigios del Sector de Liordes. En total, la superficie afectada por la minería es de 144.110 m², con un total de 416 elementos mineros identificados.

Dada la antigüedad de las labores y las condiciones climáticas de una zona de alta montaña, así como el tránsito elevado de personas, el patrimonio exterior ha sufrido un deterioro mucho mayor que el subterráneo.

Se han valorado los elementos derivados de las labores, tanto superficiales como subterráneas, así como los sectores mineros, desde el punto de vista patrimonial y de seguridad, estableciéndose unos criterios de intervención en base al potencial turístico-didáctico y a la susceptibilidad de degradación.

A diferencia de lo establecido por el IELIG, en el que se valora el patrimonio geológico a partir de los LIG's, en el contexto del patrimonio minero es necesario incluir, y se ha definido, el concepto Punto de Interés Minero (PIM): *Elemento que muestra una o varias características notables y significativas en el contexto de una comarca minera o región cuya actividad histórica haya sido la minería.*

De los 416 elementos inventariados, 8 han sido identificados como PIM's, ellos son: parte inferior del cable de Fuente Dé (ED1-Fuente Dé), Gramas inferior (G5-Las Gramas), mina de Las Mánforas (G1-Las Mánforas), edificios de viviendas de Las Mánforas (ED3-Las Mánforas), planta de tratamiento de Las Mánforas (ED8-Las Mánforas), Chalet Real de la Real Compañía Asturiana de Minas, mina Almanzora (G12, G14 y G15-Zulema-Bat-Manolita) y pozo P4 de las labores Berto (P4-Berto-Piomorena).

En base a la definición de los LIG's se ha establecido una nueva definición para los Lugares de Interés Minero (LIM's): *Lugar de interés, por su carácter único y/o representativo, para el estudio e interpretación de la actividad minera, incluyendo las fases de exploración, extracción y/o tratamiento del mineral, así como el contexto social de la comarca y su vinculación con dicha actividad. Estas áreas deberán mostrar, de manera suficientemente clara, una o varias características notables y significativas del patrimonio minero de una comarca minera o región cuya actividad histórica haya sido la minería.*

A pesar de que la zona de estudio está incluida dentro de un Parque Nacional, la figura de máxima protección de los espacios naturales protegidos, se considera necesaria la inclusión de los principales elementos patrimoniales mineros dentro de las figuras de protección, que en este caso serían relacionadas no con el patrimonio natural sino con el cultural, proponiéndose la figura de los Bienes de Interés Cultural como la más apropiada, sobre todo para aquellos elementos de carácter puntual. Muchos de ellos necesitan de una rehabilitación o consolidación. Su inclusión como elementos patrimoniales debería ir acompañada por un plan de intervención, conservación y gestión.

Se considera que la estructura del cable de Fuente Dé y la Galería de arrastre de la mina de Las Gramas pueden ser catalogadas como Bienes de Interés Cultural bajo la categoría de Monumentos, por constituir obras de ingeniería con un interés social en el caso del cable y científico en la galería de arrastre. El sector de Áliva, por ser un lugar vinculado a acontecimientos o recuerdos del pasado y a obras del hombre, con un elevado valor histórico, podría ser catalogado como Bien de Interés Cultural con la categoría de Sitio Histórico. Los vestigios mineros son parte de este espacio protegido y de la historia de las personas que allí trabajaron, por lo que su valoración y conservación permitirá rescatarlos del olvido e impedir que se borre su memoria.

Con los puntos de interés geológico-minero y aquellas labores con mayor potencial de puesta en valor, se han realizado una serie de propuestas sobre la necesidad de protección y el uso potencial como recursos didácticos y turísticos: vallado perimetral de pozos mineros en zonas de tránsito, cierre de galerías con alta peligrosidad, recuperación ambiental de escombreras, diseño de dos georrutas,

señalización de labores mineras, diseño de un tríptico informativo y propuesta de formación de guías locales.

Tal y como se ha venido realizando desde el año 2012, debería procederse al cierre de algunas de las minas con mayor peligrosidad, eso sí, teniendo en cuenta su valor patrimonial, como se propone en la presente Tesis.

De igual manera, es necesario que se realicen supervisiones periódicas de las labores mineras, principalmente de aquellas que se habilitarían como visitables o de las que se localicen en las proximidades de itinerarios turísticos o zonas de tránsito.

En cuanto a la estabilidad de las galerías, el Factor de Seguridad mínimo recomendado a fecha de hoy para túneles u obras subterráneas civiles sin sostenimiento es de 1,2, hecho que cumplen las minas analizadas. Sin embargo, debemos considerar que las obras civiles (túneles, minas en activo, etc.) deberían tener vigilancia por parte de especialistas, durante la explotación de las mismas, algo de difícil aplicación en un Parque Nacional, situado en alta montaña. Consideramos que una galería de mina abandonada, que eventualmente puede ser visitable en una zona remota, va a tener escasas visitas por parte de los técnicos, a no ser que se imponga desde la autoridad competente un mínimo de una visita anual.

A la vista de las galerías y cámaras del presente estudio hay claramente una diferencia en cuanto al macizo rocoso en las galerías y en las cámaras; estas últimas a largo plazo pueden plantear algún problema de algún desprendimiento de lajas o fragmentos rocosos. Podemos establecer como límite de factor de seguridad para minas abandonadas visitables sin refuerzo alguno el de 1,3. Este valor cubriría todas las galerías. En las cámaras grandes situadas junto a las galerías se impediría el paso y quedarían a modo de “miradores”.

A diferencia de otros proyectos de puesta en valor de minas abandonadas de mediana y gran entidad, en las galerías mineras pequeñas (como las del área de estudio), y en sitios remotos, no es rentable y

presenta una compleja logística acometer grandes inversiones en la habilitación de galerías. Se proponen las siguientes actuaciones con carácter general:

- Las galerías con un Factor de Seguridad de 1,3 o superior se podrían visitar con guías y manteniendo las precauciones habituales en medios subterráneos.

- Las galerías con un Factor de Seguridad inferior a 1,3 y con escaso valor patrimonial deberían clausurarse.

Dada la coyuntura económica actual, es más factible la eventual puesta en valor de labores mineras en buen estado (como varias de las presentes en la zona) que acometer trabajos que son técnicamente difíciles argumentando que se trata de un patrimonio singular. En el caso excepcional de la mina de Las Mánforas, con un valor patrimonial elevado, debería procederse a un estudio complementario de puesta en valor, que incluyese tanto los aspectos patrimoniales como de estabilidad de las galerías y las cámaras.

Como principales aportes de esta investigación está la de proponer unas figuras concretas de protección del patrimonio minero y un sistema de valoración que permita una gestión a nivel local, con independencia de iniciativas nacionales, como ocurre con el IELIG. No se trata de identificar elementos patrimoniales singulares o únicos a nivel nacional, sino de hacer una valoración de los elementos locales para el desarrollo de unas propuestas de intervención, protección y divulgación dentro del ámbito concreto del área de estudio y su entorno inmediato.

Por otro lado, también se ha pretendido establecer unos criterios de intervención en materia de seguridad en labores mineras subterráneas abandonadas, centrados en el Factor de Seguridad, que permitirá priorizar las actuaciones en las labores mineras a la hora de las de intervenciones, en base a criterios técnicos de estabilidad de las galerías mineras. Este tipo de criterios al ser de tipo geotécnico y no geológico es aplicable a cualquier estudio de inventario y puesta en valor de labores mineras, con independencia del medio geológico en los que estas se sitúen.

Como trabajos futuros en el área de estudio, enfocado principalmente en esta última línea, y dado que existen 92 galerías mineras de las cuales en la mayoría no se han ejecutado medidas de seguridad, se propone la realización de un estudio de estabilidad básico en todas ellas, principalmente en los emboquilles, para evaluar la situación actual y proponer medidas concretas de intervención.

Dado que se ha evidenciado el deterioro de los elementos patrimoniales destacados (PIM's y LIGM), se propone la inclusión como Bienes de Interés Cultural de la Comunidad Autónoma de Cantabria de algunos de estos elementos. En el caso de la mina de Las Mánforas, con un valor patrimonial muy elevado debería incluirse dentro del Plan de Especial Protección obligatorio en la declaración de los BIC, un inventario y valoración de su patrimonio interior.

Para el dique de estériles de dicha mina, se debería realizar un proyecto de restauración ambiental específico, con el objetivo de minimizar el mayor impacto negativo que ha dejado la minería en el Macizo Central de los Picos de Europa.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, E., GOY, A., COMAS, M.J., HERNÁN, J. y MORALES, J. 1974. *Informe sobre conservación de sitios de interés, geológico y paleontológico en la Región Central. Base para el Plan Especial de Protección del Medio Físico de la provincia de Madrid*. Informe para COPLACO (inédito). Madrid, 83 pp.
- ALBERRUCHE, E., MARCHÁN, C., SÁNCHEZ, A., PONCE DE LEÓN, D. y GARCÍA, A. 2012. *Guía metodológica para la integración del Patrimonio Minero en la Evaluación de Impacto Ambiental*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 40 pp.
- ALONSO, J.L. 1987. Sequences of thrusts and displacement transfer in the superposed duplexes of the Esla Nappe Region (Cantabrian Zone, NW Spain). *Journal of Structural Geology*, 9, pp. 969-983.
- ALONSO, J.L., PULGAR, J.A., GARCÍA-RAMOS, J.C. Y BARBA, P. 1996. Tertiary Basins and Alpine Tectonics in the Cantabrian Mountains (NW Spain). En: Friend, P.F., Dabrio, C.J. (Eds.), *Tertiary Basins of Spain: Tectonics, climate and sea-level change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 214-227.
- ALONSO, J.L., PULGAR, J.A. y PEDREIRA, D. 2007. El relieve de la Cordillera Cantábrica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 152, pp. 151-163.
- ALONSO, V. y GONZÁLEZ-SUÁREZ, J.L. 1998. Presencia de hielo glaciar en los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica). El helero del Jou Negro. *Cuaternario y geomorfología*, 12 (1-2), pp. 35-44.
- ÁLVAREZ, F. 2014. Gestión y estrategias aplicadas a la conservación y el desarrollo del Parque Nacional de los Picos de Europa. *Monfragüe desarrollo resiliente*, volumen 3, nº 2. Gobierno de Extremadura, pp. 102-120.
- AMARÉ, M.P. y ORCHE, E. 2011. Espacios expositivos mineros y minas musealizadas españolas. *XII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero*, XVI Sesión Científica de Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Boltaña, Huesca, 22 pp.

ANSART, M. y T. 1975. *Los Grupos Mineros en los Campos de Áliva*. Informe interno. Sociedad Minera Picos de Europa S.A. Torrelavega, Cantabria.

ANSART, M. y T. 1979. *Áliva en 1979. Estado de la investigación*. Informe interno. Sociedad Minera Picos de Europa S.A. Torrelavega, Cantabria.

ARAMBURU, C. y GARCÍA-RAMOS J.C. 1993. La sedimentación cambro-ordovícica en la Zona Cantábrica (NO de España). *Trabajos de Geología*, 19. Universidad de Oviedo. Oviedo, pp. 45-73.

ARBOLEYA, M.L. 1981. La estructura del Manto del Esla. *Boletín Geológico y Minero*, 92. Madrid, pp. 19-40.

ARCE, B. DE. 1879. *Apuntes de los criaderos de calamina y blenda situados en los Picos de Europa*. Impr. J.M. Lapuente, Madrid, 187 pp.

ARCE, B. DE. 1880. Acerca de los criaderos de calamina y blenda situados en los Picos de Europa y de las explotaciones que de los mismos hace la Sociedad Minera La Providencia. *Revista minera*, Madrid, pp. 218-224.

ARMESTO, J.L. y ORCHE, E. 2002. *Metodología para la transformación de labores mineras en parques temáticos*. Proyecto Fin de Carrera. E.T.S.I. Minas. Universidad de Vigo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 131 pp.

ATELA, D. (2011). *Los Urrieles, Guía completa de excursiones y ascensiones*. Ed. Desnivel, Madrid. 384 pp.

AYALA-CARCEDO, F.J. 2004. La rotura de la balsa de residuos mineros de Aznalcóllar (España) de 1998 y el desastre ecológico consecuente del río Guadiamar: causas, efectos y lecciones. *Boletín Geológico y Minero*, 115-3. Madrid, pp. 711-738.

- AYDINALP, C. y FITZPATRICK, E.A. 2009. Pedogenesis and characteristics of the terra rossas developed on different physiographic position and their classification. *Agrociencia*, vol. 43, núm. 2, febrero-marzo, 2009, México, pp. 97-105.
- BAHAMONDE, J.R., MERINO-TOMÉ, O., y HEREDIA, N. 2007. A Pennsylvanian microbial boundstone-dominated carbonate shelf in a distal foreland margin (Picos de Europa Province, NW Spain). *Sedimentary Geology*, 198, pp. 167-193.
- BALLESTEROS, D., MALARD, A., JEANNIN, P.Y., JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M., GARCÍA-SANSEGUNDO, J., MELÉNDEZ, M. y SENDRA, G. 2013. Geometría y direcciones de flujo de agua subterránea preliminares de acuíferos kársticos mediante el método KARSYS. Picos de Europa, Nortes de España. En: Berrezueta, E. y Domínguez-Cuesta, M.J. (Eds.). *Técnicas aplicadas a la caracterización y aprovechamiento de recursos geológico-mineros*. Volumen IV: Transferencia y desarrollo. Instituto Geológico y Minero de España. Oviedo, pp. 51-60.
- BARTON, N.R., LIEN, R., y LUNDE, J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6 (4), pp. 189–239.
- BARTON, N. 1976. Unsupported underground openings. *Rock Mechanics Discussion Meeting, Befo*, Swedish Rock Mechanics Research Foundation, Stockholm, pp. 61-94.
- BARTON N., LOSET, F., LIEN, R., y LUNDE, J. (1980). Application of the Q system in design decisions. *In Subsurface space*, (Ed. M. Bergman) 2. New York: Pergamon, pp. 553-561.
- BARTON, N. (1995). The influence of joint properties in modelling jointed rock masses. *Keynote Lecture, 8th ISRM Congress, Tokyo*, 3. Balkema, Rotterdam, pp. 1023-1032.
- BARTON, N. y GRIMSTAD, E. 2004. The Q system following thirty years of development and application in tunnelling projects. In: Schubert (Ed.) *Eurorock 2004 & 53rd geomechanics Colloquium*.

- BARTON, N., 2007. Rock mass characterization for excavations in mining and civil engineering. In: C. Mark, R. Pakalnis, and R.J. Tuchman (Eds.) *Proc. of Int. Workshop on Rock Mass Classification in Underground Mining*, Pittsburgh, NIOSH, pp. 3-13
- BARTON, N., y BIENIAWSKI, Z.T. 2008. RMR and Q – Setting records straight. *Tunneling and tunnelling international*, Feb 2008, pp. 26-29.
- BASTIDA, F. y GUTIÉRREZ-ALONSO, G. 1989. Síntesis cartográfica de las unidades occidentales de la Zona Cantábrica. *Trabajos de Geología*, 18. Universidad de Oviedo. Oviedo, pp. 117-125.
- BASTIDA, F., BRIME, C., GARCÍA-LÓPEZ, S., ALLER, J., VALIN, M.L. y SANZ-LÓPEZ, J. 2002. Tectono-thermal evolution of the Cantabrian Zone (NW Spain). En: García-López, S. y Bastida, F. (Eds.). *Paleozoic Conodonts from north Spain*. Serie Cuadernos del Museo Geominero, 1 Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 105-123.
- BASTIDA, F. (Coord.). 2004. Zona Cantábrica. *Geología de España*. Ed: Vera J.A. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, pp. 25-49.
- BAUZÁ, F. 1860. Visita de inspección al distrito minero de Santander. *Revista Minera*, XI, Madrid, pp. 416-476.
- BENITO, P. 1998. Patrimonio industrial y cultural del territorio. *Ciudades*, 4, pp. 171-178.
- BLANCO, S. 2011. *Los conodontos y la evolución tectonotérmica del sector noreste de la Zona Cantábrica*. Tesis doctoral. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo, 296 pp.
- BIEL-IBÁÑEZ. 2009. El paisaje minero en España como elemento de desarrollo territorial. *Apuntes*, 22-1. Bogotá, Colombia, pp. 6-19.
- BIENIAWSKI, Z. T. 1973. Engineering Classification of jointed rock masses. *Trans S Afr Int Civ Engrs* 15, pp. 335-344.

BIENIAWSKI, Z. T. 1974. Geomechanics Classification of rock masses and its application in tunnelling. En: *Advances in rock mechanics 2 (A)*. Washington DC Nat Acad Sci, pp. 27-32.

BIENIAWSKI, Z.T. 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. Wiley, Chichester, 251 pp.

BIENIAWSKI, Z.T. 2011. Errores en la aplicación de las clasificaciones geomecánicas y su corrección. *Conferencia magistral. Adif – Geocontrol*, 35 pp.

BOE-A-1982-29687. 1982. Real Decreto 2994/1982, de 15 de octubre, sobre restauración de espacio natural afectado por actividades mineras. *Boletín Oficial del Estado*, 274, pp. 31246-31247.

BOE-A-1985-12534. 1985. *Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español*.

BOE-A-1995-12915. 1995. *Ley 16/1995, de 30 de mayo, de declaración de Parque Nacional de los Picos de Europa*.

BOE-A-2009-9841. 2009. Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras. *Boletín Oficial del Estado*, 143, pp. 49948-49993.

BOE-A-2015-4458. 2015. Resolución de 4 de febrero de 2015, de Parques Nacionales, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 30 de enero de 2015, por el que se amplían los límites del Parque Nacional de los Picos de Europa por incorporación de terrenos colindantes al mismo. *Boletín Oficial del Estado*, 98, pp. 335913-35926.

BRILHA, J. 2004. A Geologia, os Geólogos e o Manto da Invisibilidade. *Comunicação e Sociedade*, 6, pp. 257-264.

CALDERÓN, S. 1900. La blenda de los Picos de Europa. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 19. Madrid, pp. 153-161.

CALVO, M. 1999. Bibliografía fundamental de la antigua Mineralogía y Minería españolas. Libris, Madrid, *Historia de la Geología de España*, SGE, 14, pp. 22-23.

CAMPO, L. DEL. 1930. *Minas de Udías*. Proyecto fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.

CAÑIZARES, M. C. 2003. Patrimonio minero-industrial en Castilla-La Mancha: el Área Almadén-Puertollano. *Investigaciones Geográficas*, 31, pp. 87-106.

CARCAVILLA, L., LÓPEZ MARTÍNEZ, J. y DURÁN, J.J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. 360 pp.

CARCAVILLA, L., PUY BERRIO, M^a, BELMONTE, A., DURÁN, J.J. y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. 2010. La divulgación de la Geología al gran público: principios y técnicas para el diseño de material escrito. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Sección Geológica, 104, pp. 93-110.

CARVAJAL, D., GONZÁLEZ, A. y CARLONI, A. 2006. Patrimonio minero y su musealización. En: Rábano, I. y Mata-Perelló J.M: (Eds.). *Patrimonio geológico y minero: su caracterización y puesta en valor*. Serie: Cuadernos del Museo Geominero, 6. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 199-206.

CASTAÑÓN, J.C. y FROCHOSO, M. 1994. El periglaciario de la Cordillera Cantábrica. En: Gómez-Ortiz, A., Simón, M. y Salvador, F. (Eds.). *Periglaciario en la Península Ibérica, Canarias y Baleares*. Monografías de la Sociedad Española de Geomorfología, 7. Granada, pp. 75-91.

CENDRERO, A. 1996. Propuesta sobre criterios para la Clasificación y catalogación del Patrimonio Geológico. En: *El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Series monográficas. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, pp. 29-38.

- CENDRERO, A. 2000. Patrimonio Geológico; Diagnóstico, Clasificación y Valoración. *Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible*. Serie Monografías, Ministerio de Medio Ambiente, Soria, pp. 23-61.
- COMPTE, P. 1937. La serie cambrienne et silurienne de León (Espagne). *C.R. Académie des Sciences*, 204. Paris, pp. 604-606
- COMPTE, P. 1959. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillère Cantabrique. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*, 60, 440 pp.
- CONSEJO DE EUROPA. 1989. *Mining engineering monuments as a cultural heritage, Architectural heritage Reports and Studies*, No. 15, Estrasburgo, 111 pp.
- CORNEJO, L. y SALVADOR, E. 1996. *Manual de túneles interurbanos de carretera*. Gobierno Vasco, 211 pp.
- CUETO, G. 2009. Reutilización turística del patrimonio minero de Cantabria. En: *Cuadernos de Turismo*, 23. Universidad de Murcia, pp. 69-87.
- DEERE, D.U., HENDRON, A.J., PATTON, F.D. y CORDING, E.J. 1967. Design of surface and near surface construction in rock. En: *Failure and breakage of rock, proc. 8th US Symp. in Rock Mechanics*. Ed. C. Fairhurst., pp. 237-302.
- DINWALL, P.R. 2000. Legislación y convenios internacionales: La integración del Patrimonio Geológico en las políticas de conservación del Medio Natural. En: Baretino, D., Wimbledon, W.A.P. y Gallego, E. (Eds.). *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 231 pp.
- DUQUE, L.C., ELÍZAGA, E. y VIDAL ROMANÍ, J.R. 1983. *Puntos de Interés Geológico de Galicia*. IGME. Madrid, 103 pp.

DUQUE, L.C., MURCIA, V., ABRIL, J., GARCÍA SALINAS, F. y ELÍZAGA, E. 1978. *Inventario Nacional de puntos de interés geológico. Sector oriental de la Cordillera Ibérica (Maestrazgo)*. Memoria del Proyecto. Informe inédito. IGME. Madrid, 127 pp.

DURÁN, J.J. 2004. Patrimonio Geológico en España: Unas reflexiones desde la experiencia de los últimos 25 años. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12.1, pp. 24-30

DURÁN, J.J., BRUSI, D., PALLI, LL., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., PALACIO, J. y VALLEJO, M. 1998. Geología Ecológica, Geodiversidad, Geoconservación y Patrimonio Geológico: la Declaración de Girona. En Durán J.J. y Vallejo, M. (Eds.). *Comunicaciones de la IV Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico*. Sociedad Geológica de España. Madrid, pp. 67-72.

DURÁN, J.J., CARCAVILLA, L. y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. 2005. Patrimonio Geológico: Una panorámica de los últimos 30 años en España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 100 (1-4), pp. 277-287.

EDER, W. 1999. "UNESCO Geoparks": A new initiative for protection and sustainable development of the Earth's heritage, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 214, pp. 353-358.

EDWARDS J.A., y LLURDÉST, J.C., 1996. Mines and Quarries. *Industrial Heritage Tourism, Annals of Tourism Research*, 23- 2, pp. 341-363.

ELIZAGA, E., ABRIL, J., DUQUE, L.C., GARCIA SALINAS, F. y MURCIA, V. 1980. *Los puntos geológico-mineros de interés singular como patrimonio natural. Su inventario y metodología de estudio*. I Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Volumen de Comunicaciones. Santander, 21 pp.

ETSI MONTES. 2006. *Inventario de labores mineras abandonadas en la Comunidad de Madrid*. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, Comunidad de Madrid.

EZQUERRA DEL BAYO, J., 1839. *Elementos de laboreo de minas*. Ed. Escuela de caminos y canales de Madrid. Madrid. 481 pp.

FARIAS, P. 1982. La estructura del sector central de los Picos de Europa. *Trabajos de Geología*, 12. Universidad de Oviedo. Oviedo, pp. 63-72.

FARIAS, P. y HEREDIA, N. 1994. Geometría y cinemática de los dúplex de Pambuches (Unidad de Picos de Europa, Zona Cantábrica, NO de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 7, pp. 113-120.

FARIAS, P. Y VALDERRÁBANO, J. 2007. *El Parque Nacional de los Picos de Europa: naturaleza en el entorno de los lagos de Covadonga*. Consejería de Educación y Ciencia. Dirección General de Ordenación Académica e Innovación. Oviedo, 105 pp.

FERNÁNDEZ, F. y VALLS, M.C. 2004. *Cavernas y Minas. Patrimonio subterráneo de Cantabria*. Ed. Librería Estvdio. Santander, 348 pp.

FERNÁNDEZ-RUBIO, R., 1989. Minería y Karst en España. En: Durán, J.J. y López-Martínez, J. (Eds.), *El Karst en España*. Monografía 4, Sociedad Española de Geomorfología, Madrid, pp. 373-380.

FLORIDO, P. y RÁBANO, I. (Eds.). 2010. *Una visión multidisciplinar del patrimonio geológico y minero*. Serie: Cuadernos del Museo Geominero, 12. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 635 pp.

FORD, D. y WILLIAMS, P.W. 1989. *Karst Geomorphology and Hidrology*. Unwin Hyman. London, 601 pp.

FRANCO, A. 2012. Puesta en Valor de una Mina Abandonada: Mina Ángela, Karrantza (Bizkaia). *Macla*, 16. Sociedad Española de Mineralogía, pp.76-77.

FROCHOSO, M. 1980. El Macizo Central de los Picos de Europa y sus glaciares. *Ería*, 1, pp. 1-30.

GALLEGO, E. y GARCÍA-CORTÉS, A. 1996. Patrimonio geológico y áreas naturales protegidas. *Geogaceta*, 19, pp. 202-206.

GARCÍA-CORTÉS, A. y CARCAVILLA, L. 2013. *Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)*. Área de Investigación en Patrimonio Geológico y Minero. IGME. Madrid, 64 pp.

GARCIA-MONDEJAR, J. 1989. Strike-Slip Subsidence of the Basque-Cantabrian Basin of Northern Spain and Its Relationship to Aptian-Albian Opening of Bay of Biscay. En: Tankard, A.J. y Balkwill, H.R. (Eds.). *Extensional tectonics a Stratigraphy of the North Atlantic Margins*. AAPG Memoir, 46, pp. 395-409.

GAROFANO, M. y GOVONI, D. 2012. Underground Geotourism: a Historic and Economic Overview of Show Caves and Show Mines in Italy, *Geoheritage*, 4-1, pp. 79-92.

GÓMEZ, D., MARTÍN, T., S. MARTÍN, S., LILLO, F.J. y DE IGNACIO, C. 2007. Caracterización geoambiental de balsas de lodos mineros mediante tomografía eléctrica. *Geogaceta*, 42. Sociedad Geológica de España, Madrid, pp. 47-50.

GÓMEZ, F. 1992. *Metalogenia de los yacimientos de Pb-Zn del sector SE de Picos de Europa*. Tesis doctoral. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca (inédita), Salamanca, 241 pp.

GÓMEZ, F. y, ARRIBAS. 1994. Descripción de las mineralizaciones de Pb-Zn del sector sudeste de Picos de Europa (Norte de España). Implicaciones metalogenéticas. *Boletín Geológico y Minero*, 105-3. Madrid, pp. 249-262.

GÓMEZ, F., BOTH, R.A., MANGAS, J. y ARRIBAS, A. 2000. Metallogenesis of the Zn-Pb Carbonate-Hosted Mineralization in the Southeastern Region of the Picos de Europa (Central Northern Spain) Province. *Economic Geology*, 95, pp. 19-40.

GÓMEZ, F., GUTIÉRREZ, M., LUQUE, C. y CALVO, M. 2006. Áliva, La blenda acaramelada. *Bocamina*, 17: pp. 12-112.

- GÓMEZ, J. 1953. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*, Madrid. pp. 401-407.
- GÓMEZ, J. 1954. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 357-364.
- GÓMEZ, J. 1959. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 263-265.
- GÓMEZ, J. 1960. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp.257-260.
- GONZÁLEZ, T. 1832. *Registro y relación general de minas de la corona de Castilla*. Miguel de Burgos. Madrid. 433 pp.
- GONZÁLEZ-TRUEBA, J.J. 2005. La Pequeña Edad del Hielo en los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica, NO de España). Análisis morfológico y reconstrucción del avance glaciar histórico. *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 19 (3-4), pp. 79-94.
- GONZÁLEZ-TRUEBA, J.J. 2007. *El Macizo Central de los Picos de Europa: geomorfología y sus implicaciones geoecológicas en la alta montaña cantábrica*. Tesis doctoral. Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio Universidad de Cantabria, 819 pp.
- GONZÁLEZ-TRUEBA, J.J. y SERRANO, E. 2008a. La valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al Parque Nacional de los Picos de Europa. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 47. Madrid, pp. 175-194.
- GONZÁLEZ-TRUEBA, J.J. y SERRANO, E. 2008b. Picos de Europa: El Macizo de los Urrieles. En: Ruiz-Flaño, P., Serrano, E., Poblete, M.A. y Ruiz-Fernández (Eds.). *De Castilla al mar. La naturaleza del paisaje en la montaña cantábrica (Palencia, Cantabria, Asturias)*. Asociación de Geógrafos Españoles (AGE). Universidad de Valladolid, Universidad de Oviedo, pp. 69-98.

- GONZÁLEZ-TRUEBA, J.J., MARTÍN, R. y SERRANO, E. 2005. *La Pequeña Edad del Hielo en los Picos de Europa*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Cantabria, Santander, 225 pp.
- GONZÁLEZ-VALLEJO, L. 2002. *Ingeniería Geológica*. Ed. Pearson Educación. Madrid, 715 pp.
- GUTIÉRREZ, M. y LUQUE, C. 1993. *Recursos del subsuelo de Asturias*. Universidad de Oviedo. Oviedo, 392 pp.
- GUTIÉRREZ, M. y LUQUE, C. 1995. Recursos Geológicos. En: Aramburu, C. y Bastida, F. (Eds.). *Geología de Asturias*. Trea, Oviedo, pp. 187-202.
- GUTIÉRREZ, M. y LUQUE, C. 2000. *La minería en los Picos de Europa*. Ed. Noega S.L., Gijón, 303 pp.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2005. ¿Sabemos divulgar la Geología que hacemos? *Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural*, Sección Geológica, 100 (1-4), pp. 307-322.
- GUTIÉRREZ-SEBARES, J.A. 2007. *El Metal de las cumbres. Historia de una sociedad minera en los Picos de Europa*. Gobierno de Cantabria. Consejería de Medio Ambiente. Cantabria, 362 pp.
- GRIMSTAD, E., y BARTON, N. 1993. Updating the Q-system for NMT. En: *Proc. Int. Symp. On sprayed concrete – modern use of wet mix sprayed concrete for underground support*, Fagernes (eds Kompen, Opsahl and Berg). Oslo: Norwegian Concrete Assn.
- HABASHI, F. 2003a. Cultural heritage in geosciences, mining and metallurgy, *Journal of Cultural Heritage*, 4, pp. 377-378.
- HABASHI, F. 2003b. European Mining Traditions. *Bull. Can. Inst. Min. & Met.*, 96 (1075), pp.98-100.
- HABASHI, F. 2012. The First Iron Works in Canada. *Steel Times International*, October 2006. Expanded version in *Metallurgical Engineering*, 1-3, pp. 81-85.

- HERNÁNDEZ-ORTIZ, F., PUCHE, O. y ANTICH, N. 2005. Patrimonio minero-metalúrgico de Rodalquilar. Metodología de catalogación y resultados. En: Puche, O. y Ayarzagüena, M. (Eds.). *Minería y metalurgia históricas en el sudoeste europeo*. Madrid, pp. 659-666.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. 1944. Nuevas hipótesis de la formación tectónica de los Picos de Europa. *Investigación y Progreso*, año XV, pp. 215-227.
- HIVERT, B. 2010. *Picos Padiorna 2010*. Association Spéléologique Charentaise. Angoulême, 32 pp.
- HOEK, E., KAISER, P.K., y BAWDEN, W.F. 1995. *Support of underground excavations in Hard Rock*. Balkema. Rotterdam, 215 pp.
- HOUGHTON, D.A. y STACEY T.R. 1980, Application of Probability Techniques to Underground Excavation, *Proc. 7th Regional Conf. for Africa on Soil Mech. And Found. Eng.*, A.A. Balkema, Accra, vol. 2, pp. 879-883.
- HOSE, T.A. 2000. “Geoturismo” europeo. Interpretación geológica y promoción de la conservación geológica para turistas. En: Barettino, W.A.P. Wimbledon y E.Gallego (Eds.). *Patrimonio Geológico: conservación y gestión*. IGME, Madrid, pp. 137-159.
- IGME. 1980. *Masa de agua subterránea 016.214 Picos de Europa-Panes*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 64 pp.
- IGME, 2003. *Valoración del patrimonio histórico del distrito minero del Valle de Alcudia*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 458 pp.
- INIESTA, P. 2001. Parques Nacionales: crónica bibliográfica de su régimen jurídico. *Observatorio Medioambiental*, 4, pp 407-414.
- IPCE. 2012. Plan Nacional de Paisaje Cultural. Instituto del Patrimonio Cultural de España, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M. 1996. El glaciario en la cuenca alta del río Nalón (NO de España): una propuesta de evolución de los sistemas glaciares cuaternarios en la Cordillera Cantábrica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 9, pp. 157-168.

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M. Y FARIAS, P., 2002. New radiometric and geomorphologic evidence of Last Glacial maximum older than 18 ka in SW European mountains: the example of Redes Natural Park, Cantabrian Mountains. NW Spain. *Geodinámica Acta*, 15, pp. 93-101.

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M. y FARIAS, P. 2005. Algunos ejemplos de geomorfología glacial en la Cordillera Cantábrica (Noroeste de España). *Enseñanza de la Ciencias de la Tierra*. Vol. 13.3, pp. 259-269.

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M., RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, L., GARCÍA-RUIZ, J.M., DOMÍNGUEZ-CUESTA, M.J., FARIAS, P., VALERO-GARCÉS, B., MORENO, A., RICO, M. y VALCÁRCEL M. 2013. A review of glacial geomorphology and chronology in northern Spain: Timing and regional variability during the last glacial cycle. *Geomorphology*, 196, pp. 50-64.

JORDÁ-BORDEHORE, L. 2008. *La minería de los metales en la provincia de Madrid: patrimonio minero y puesta en valor del espacio subterráneo*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid, 840 pp.

JORDÁ-BORDEHORE, L. 2011. Soplaos: interacción de minas y túneles con sistemas kársticos. Aspectos estéticos. *Canteras y Explotaciones*, 529, pp. 30-34.

JORDÁ-BORDEHORE, L. En prensa. *Manual básico de clasificaciones geomecánicas índice Q y Rock Mass Rating RMR*. Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil, 151 pp.

JORDÁ-BORDEHORE, L., PUCHE, O., y MAZADIEGO, L.F. 2006. Detección de bocaminas abandonadas mediante tomografía eléctrica en la Sierra de Guadarrama, Madrid. *Tierra y Tecnología*, 30. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid, pp. 96- 104.

JORDÁ-BORDEHORE, L., HEINRICH, M. y JORDÁ, R. 2011. Apuntes para el conocimiento histórico de las minas de plomo argentífero de S'Argentera (Ibiza). *De Re Metallica*, 17, 2011 pp. 1-12.

JORDÁ-BORDEHORE, L. y JORDÁ, R. 2011. Historias de las minas de La Florida. En: Durán, J.J. (Ed.). *El Soplo. Una Ventana a la Ciencia Subterránea*. El Soplo S.L., Cantabria, pp. 46-49.

JORDÁ-BORDEHORE, L., TOMÁS, R., ARLANDI, M. y ABELLÁN, A. En prensa. *Manual de estaciones geomecánicas y descripción de macizos rocosos en afloramientos*. Ed: C.Lopez Jimeno. Ud. Proyectos ETSI Minas UPM. Madrid, 215 pp.

JORDÁ, R. 2009. *Propuesta de actuaciones en las minas abandonadas en el Macizo Central de los Picos de Europa*. Informe inédito. Proyecto fin de Máster, Universidad Complutense de Madrid, 32 pp.

JORDÁ, R. 2014. Valoración del Patrimonio Geológico del Parque Metropolitano de Quito (Guanguiltagua). En: *Prospección, excavación y conservación del Pucará de Guanguiltagua en el Parque Metropolitano*. Informe interno Instituto Metropolitano de Patrimonio Cultural (Código LC-IMPQ-041-2013). Quito, Ecuador.

JORDÁ, R., JORDÁ-BORDEHORE, L. y LAINE, G. 2010. Estado actual de las minas museo en España. En: J. J. Durán y F. Carrasco (Eds.), *Cuevas: Patrimonio, Naturaleza, Cultura y Turismo*. Asociación de Cuevas Turísticas Españolas, Madrid, pp. 535-546.

JORDÁ, R. y JORDÁ-BORDEHORE, L. 2011. Propuesta de itinerario geominero en las minas de Áliva (Parque Nacional de Picos de Europa, Cantabria). *De Re Metallica*, 16, pp. 31-42.

JORDÁ, R., DURÁN, J.J. y JORDÁ-BORDEHORE, L. 2008. Patrimonio Subterráneo de las minas y entorno de Áliva (Cantabria), primeros resultados. *II Congreso Español de Cuevas Turísticas*, Santander, pp. 285-294.

- JULIVERT, M. 1971. Decollement tectonics in the Hercynian Cordillera of NW Spain. *American Journal of Science*, 270, pp. 1-29.
- JULIVERT, M. 1976. La estructura de la región de Cabo de Peñas. *Trabajos de Geología*, 8. Universidad de Oviedo, pp. 203-309.
- JULIVERT, M. 1978. Hercynian orogeny and Carboniferous paleogeography in Northwestern Spain: A model of deformation-sedimentation relationships. *Zt. Dtsch. Geol. Ges.*, 129, pp. 565-592.
- JULIVERT, M. y MARCOS, A. 1973. Supersimposed folding under flexural conditions in the Cantabrian Zone (Hercynian Cordillera, north-west Spain). *American Journal of Science*, 273, pp. 353-375.
- JUSUÉ, T. 1907. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 455-478.
- KEENE, P. 1994. Conservation through on-site interpretation for a public audience. En: O'Halloran, D.; Green, C.; Harley, M.; Stanley, M.; y Knill, J. (Eds.). *Geological and landscape conservation* Geological Society. London, pp. 407-411.
- LAINE, G., FANJUL, J.I. y GARCÍA, L. (2010). *Arnao, el patrimonio geológico y minero como itinerario turístico-cultural*. Informe interno. Sociedad Asturiana de Diversificación Minera.
- LASO, A. 1989. *La carga de minerales en la ría de Tinamayor*. El Oriente de Asturias, Número Extraordinario de Primavera, Llanes, junio de 1989.
- LAUFFER, H., (1958). Gebirgsklassifizierung für den Stollenbau. *Geol. Bauwesen* 24 (1), pp. 46-51.
- Ley de 22 de julio de 1918, declarando "Parque Nacional de la Montaña de Covadonga" el Macizo de Peña Santa. Gaceta de 24 de julio de 1918.

- LÓPEZ, A.A., NAVARRETE, P., MORENO, L., GALINDO, E., MELÉNDES, M. y DEL POZO, M. 1997. *Calidad química y contaminación de las aguas subterráneas en España, período 1982-1993. Cuenca Norte*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 208 pp.
- LOTZE, F. 1945. *Zur Gliderung des Varisciden der Iberischen Meseta. Geotektonische Forschungen*, 6: 78-92 (Trad. en: Publicaciones Extranjeras sobre Geología de España, 5, pp. 149-166.
- LOTZE, F. 1956. Das Präkambrium Spanien. *N. Jb. Geol. Päläont*, 8, pp. 373-380.
- LUNA, J. 1946. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 473-483.
- LUNA, J. 1947. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 413-423.
- LUNA, J. 1951. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 393-402.
- LUNA, J. 1952. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 395-403.
- LUQUE, C., MARTÍNEZ GARCÍA, E. y RUIZ, F. 1990. Metallogenesis. En: Dallmeyer, R.D. y Martinez-García (Eds.). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg, pp. 80-87.
- MAAS, K. 1974. The geology of Liebana. Cantabrian Montains, Spain. Deposition and deformation in a flysch area. *Leidse Geologische Mededelingen*, 49, pp. 379-465.
- MANTECA, J.I., PÉREZ DE PERCEVAL, M.A. y LÓPEZ-MORELL, M.A. 2005. La industria minera en Murcia durante la época contemporánea. En: *Bocamina: patrimonio minero de la región de Murcia*. Ayuntamiento de Murcia (Ed.). Murcia, pp. 121-129.
- MARCOS, A. y PULGAR, F.J. 1982. An approach to the tectonostratigraphic evolution of Cantabrian thrust and fold belt, Variscan Cordillera of NW Spain. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 163, pp. 252-260.
- MARQUÍNEZ, J. 1978. Estudio geológico del sector SE de los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica, NW de España). *Trabajos de Geología*, 10. Universidad de Oviedo, pp. 295-315.

MARQUÍNEZ, J. 1992. Tectónica y relieve en la Cornisa Cantábrica. En: Cearreta, A., Ugarte, F.M. (Eds.). *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*. Servicio Editorial Universidad del País Vasco, pp. 141-157.

MARQUÍNEZ, J. y ADRADOS, L. 2000. Geología y relieve de los Picos de Europa. *Naturalia Cantabricae*, 1, pp. 3-19.

MARTÍN, C. 2013. Evaluación y corrección del impacto hidrológico *de la minería del caolín en el entorno del Parque Natural del Alto Tajo*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, 379 pp.

MARTÍN-DUQUE, J.F., NICOLAU, J.M., MARTÍN, C., SANCHEZ, L., RUIZ, R., SANZ, M.A. y LUCÍA, A. 2008. Evaluación y corrección del impacto hidrológico de la minería del caolín en el entorno del Parque Natural del Alto Tajo. *Trabajos de Geomorfología en España, 2006-2008. X Reunión Nacional de Geomorfología*, Cádiz.

MARTÍN DUQUE, J.F., MARTÍN, C., NICOLAU, J.M., SANZ, M.A. y LUCÍA, A., 2009. Impacto hidrogeomorfológico de las minas y escombreras de Peñalén (Guadalajara) sobre el Parque Natural del Alto Tajo. *Cuaternario y Geomorfología*, 23 (3-4), pp. 27-44.

MARTÍNEZ DE PISÓN, E. 1998. *Madrid y la Sierra de Guadarrama: marzo-abril 1998*. Museo Municipal de Madrid. Madrid. 229 pp.

MARTÍNEZ, E. y VILLA, E. 1999. Edad de los primeros signos de actividad tectónica en el Carbonífero Superior de los Picos de Europa (Asturias, NO de España). *Trabajos de Geología*, 21. Universidad de Oviedo. Oviedo, pp. 229-237.

MARTÍNEZ, E. y MARQUÍNEZ, J. 1984. *Hoja Geológica N° 56 (Carreña – Cabrales)* del Mapa Geológico de España, Esc. 1:50.000 (2ª Serie). Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

MARTÍNEZ y RIUS, A. 1992. *Topografía Espeleológica*. Federación Española de Espeleología. Madrid. 132 pp.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, L.C. y SERRANO, E. 2008. La naturaleza de la montaña cantábrica y su diversidad. En: Ruiz-Flaño, P., Serrano, E., Poblete, M.A. y Ruiz-Fernández (Eds.). *De Castilla al mar. La naturaleza del paisaje en la montaña cantábrica (Palencia, Cantabria, Asturias)*. Asociación de Geógrafos Españoles (AGE). Universidad de Valladolid, Universidad de Oviedo, pp. 11-36.

MATA-PERELLÓ, J.M., CLIMENT COSTA, F. y SANZ BALAGUÉ, J. 2013. EL Geoparc de la Catalunya Central (Parc Geològic i Miner de la Catalunya Central). *Libro de actas del III Congreso Internacional de geología y minería ambiental para el ordenamiento territorial y el desarrollo*. Cardona, pp. 47- 58.

MAZADIEGO, L.F., PUCHE, O. y GARCÍA-CORTES, A. 1998. Propuesta de catalogación del patrimonio minero-metalúrgico madrileño. *Libro de actas del X Congreso internacional de minería y metalurgia*. Valencia, pp. 207-215.

MAZARRASA, J.M. 1928. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid pp. 561-575.

MAZARRASA, J.M. 1930. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid pp. 573-583.

MAZARRASA, J.M. 1930. Estudio de criaderos minerales de la Provincia de Santander. *Boletín Oficial de Minas, Metalurgia y Combustibles*, Año XIV. Madrid, nº 159: pp. 631-651 y nº 160: pp. 675-692.

MENGAUD, L. 1920. *Recherches Geologiques dans la Region Cantabrique*. Tesis doctoral. Universidad de Toulouse. Ed. Bonnet, 374 pp.

MERINO, E., BANERJEE, A. y DWORKIN, S.I. 2006. Dust, Terra Rossa, replacement, and karst: Serendipitous geodynamics in the critical zone. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70, 18-1, pp. 416.

MERINO-TOMÉ, O., BAHAMONDE, J.R., COLMENERO, J.R., HEREDIA, N., VILLA, E. Y FARIAS, P. 2009. Emplacement of the imbricate system at the core of the Iberian-Armorican arc

(Cantabrian zone, north Spain): New precisions concerning the timing of arc closure. *Bulletin of the Geological Society of America*, 121, pp. 729-751.

MINERALS COUNCIL OF AUSTRALIA (2010) *Strategic Framework for Managing Abandoned Mines in the Minerals Industry*, Canberra, Australia, 44 pp.

MOLINA, F. 1923. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 465-483.

MORENO, A., VALERO-GARCÉS, B.L., JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M., DOMÍNGUEZ, M.J., MATA, P., NAVAS, A., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., STOLL, H., FARIAS, P., MORELLÓN, M., CORELLA, P. y RICO, M. 2010. The last deglaciation in the Picos de Europa National Park (Cantabrian Mountains, Northern Spain). *Journal of Quaternary Science*, 25 (7), pp. 1076-1091.

NARANJO y GARZA, F. 1873. Paleontología e historia del trabajo subterráneo (Minas de Santander). *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 2, pp. 4-10.

N.G.I. 2013. *Using the Q system. Handbook. Rock mass classification and support design*. Ed. NGI, Oslo, Norway. 57 pp.

NIETO, L.M., PÉREZ-LLORENTE, F., GUILLÉN, F. y DÍAZ-MARTÍNEZ, E. 2006. Estado actual de la legislación para la Geoconservación en España. *Trabajos de Geología*, 26. Universidad de Oviedo. Oviedo, pp. 187-201.

OBERMAIER, H. 1914. Estudio de los glaciares de los Picos de Europa. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales: Serie Geológica* 9, pp. 1-42.

ODRIOZOLA, A. 1909. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 376-383.

OLAVARRÍA, M. 1874. Datos geológico-mineros recogidos en la provincia de Santander. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo I, pp. 249-254.

OLAVARRÍA, M. 1891. Un poco de minería montañesa. *Revista Minera Metalúrgica y de Ingeniería*, año XLII., nº 1344. Madrid, pp. 147-149.

ORCHE, E. 2003. Puesta en Valor del Patrimonio Geológico-Minero: El Proceso de Adaptación de Explotaciones Mineras a Parques Temáticos. En: Villas-Boas, R., González, A. y De Albuquerque, G. (Eds.). *Patrimonio Geológico y Minero en el contexto de cierre de minas*. CNPq/CYTED, Río de Janeiro, pp. 51-68.

ORCHE, E. y ORCHE-AMARE M.P. 2008. Un problema no resuelto: la seguridad de los parques mineros españoles. *De Re Metallica*, 10-11, pp. 11-20.

PALACIO, J., ELÍZAGA, E., ALAMEDA, J. y BLAS, I. 1988. *Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico de la Isla de Menorca*. Informe inédito. IGME. Madrid.

PALMSTROM, A., 1982. The volumetric joint count – A useful and simple measure of the degree of rock jointing. *Proc. 4º Int. Congress Int. Ass. Engng. Geol*, 5. New Delphi, pp. 221-228.

PEARSON, M. y MCGOWAN, B. 2000. *Mining heritage places assessment manual*. Australian Council of National Trusts and Australian Heritage Commission Canberra, 212 pp.

PÉREZ-ESTEÁÚN, A., BASTIDA, F., ALONSO, J.L., MARQUÍNEZ, J., ALLER, J., ÁLVAREZ-MARRÓN, J., MARCOS, A. y PULGAR, J.A. 1988. A thin-skinned tectonics model for an arcuate fold and thrust belt: The Cantabrian Zone (Variscan Ibero-Aromorican Arc). *Tectonics*, 7, pp. 517-537.

PIDAL, P. y ZABALA J.F. 1918. *Picos de Europa*. Ed. Club Alpino Español. Madrid, 122 pp.

PRADO, C. DE. 1858. Altura de los Picos de Europa, situados en el confín de las provincias de León, Asturias y Santander, sobre el nivel del mar. *Revista Minera*, 9, pp. 287-299.

PRADO, C. DE. 1864. *Reseña física y geológica de la Provincia de Madrid*. Ed. Junta General de Estadística. Madrid, 245 pp.

- PRETES, M. 2002. Touring mines and mining tourists, *Annals of Tourism Research*, 29-2 pp. 439-456.
- PRIEST, S.D., y HUDSON, J.A. 1976. Discontinuity spacings in Rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 13: pp. 135-148
- PUCHE, O. 2004. Patrimonio minero-metalúrgico español: Arquitectura y paisajes mineros. *Actas del IV Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero*. Utrillas, Teruel, SEDPGYM, pp. 55-77.
- PUCHE, O. 2006. Patrimonio minero de España: Aspectos económicos. En: Rábano, I. y Mata-Perelló J.M: (Eds). *Patrimonio geológico y minero: su caracterización y puesta en valor*. Serie: Cuadernos del Museo Geominero, 6. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp.15-24.
- PUCHE, O., HERVÁS, A. y MAZADIEGO, L.F. 2011. El Patrimonio Histórico Minero-Metalúrgico en España: su impacto en el turismo cultural. *De Re Metallica*, 17, pp. 27-46.
- PUCHE, O., ORCHE, E. MAZADIEGO, L.F., MATA-PERELLÓ, J. M. y JORDÁ-BORDEHORE, L. 2004. Evolución histórica: nacimiento, desarrollo y futuro de la conservación del Patrimonio Minero-Metalúrgico. *De Re Metallica*, 2, pp. 31-38.
- RÁBANO, I. (Ed.). 2000. *Patrimonio geológico y minero en el marco del desarrollo sostenible*. Colección Temas Geológico-Mineros, vol. 31. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 547 pp.
- RÁBANO, I., MANTECA, I. y GARCÍA, C. (Eds.). 2003. *Patrimonio geológico y minero y desarrollo regional*. Serie: Cuadernos del Museo Geominero, 2. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 609 pp.
- RÁBANO, I. y MATA-PERELLÓ, J.M. (Eds.). 2006. *Patrimonio geológico y minero: su caracterización y puesta en valor*. Serie: Cuadernos del Museo Geominero, 6. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 550 pp.

RAMÍREZ-OYANGUREN, P., DE LA CUADRA, L., LAIN, R. y GRIJALBO, E. (1991) *Mecánica de Rocas aplicada a la minería metálica subterránea*. IGME, 334 pp.

RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, R. (Coord.). 2012. *Parque Nacional de los Picos de Europa. Guía Geológica*. Colección Guías Geológicas de Parques Nacionales. Instituto Geológico y Minero de España y Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, 346 pp.

RODRIGUEZ, 2015. *Caracterización geomecánica de la Mina Antigua Pilar (Colmenarejo) de cara a su posible aprovechamiento turístico*. Proyecto fin de carrera Ingeniero Geólogo. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. 135 pp.

ROMANA-RUIZ M, (2001) Recomendaciones de excavación y sostenimiento para túneles. *Revista de Obras Públicas*-nº 3498, pp. 19-28

SAINZ, B. y GARCÍA, G. 1996. The Picos de Europa Lead-Zinc Deposits, Spain. *The Mineralogical Record*, 27, nº 3, pp. 177-188.

SAINT-SAUD, A.A. 1922. *Por los Picos de Europa: desde 1881 a 1924*. Traducción, prólogo, capítulo final y notas de J.A. Odriozola Calvo. Ayalga Ediciones. Salinas, Asturias, 1985, 281 pp.

SÁNCHEZ, F. 1888. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 223-228.

SÁNCHEZ, F. 1890. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 529-523.

SÁNCHEZ-ALONSO, J. B. 1990. *Historia y guía geológico-minera de Cantabria: rocas, minerales, carbón, petróleo, aguas, etc.* Librería Estudio. Santander, 335 pp.

SANTORI, A. 2013. *Memoria provisional anual del Parque Nacional de los Picos de Europa - año 2013*.

- SANZ, E. 2004. Yacimiento de arcilla caolinífera de relleno kárstico en Chavaler (Cordillera Ibérica, Soria). *Geogaceta*, 35. Sociedad Geológica de España, Madrid, pp. 95-97.
- SAPANSKI, C. y GÓMEZ, F. 1992. Estudio de la esfalerita de la mina de Áliva. *Boletín del Instituto Gemológico Español*, 34. Madrid, pp. 28-39.
- SERRANO, E. y GONZÁLEZ-TRUEBA, J.J. 2004. Morfodinámica periglaciaria en el grupo Peña Vieja (Macizo Central de los Picos de Europa-Cantabria). *Cuaternario y Geomorfología*, 18 (3-4), pp. 73-88.
- SERRANO, E., GONZÁLEZ-TRUEBA, J.J., PELLITERO, R., GONZÁLEZ-GARCÍA, M. y GÓMEZ-LENDE, M. 2013. Quaternary glacial evolution in the Central Cantabrian Mountains (Northern Spain). *Geomorphology* 196 (2013): pp. 65–82.
- SIERRA, J. 2004. Paisaje y Patrimonio Minero en Udías, Cantabria. *Ería*, 63, pp. 58-71.
- SOLANO, A.M. 2005. *Movilización de metales pesados en residuos y suelos industriales afectados por la hidrometalurgia del cinc*. Tesis doctoral. Facultad de Química. Universidad de Murcia, 290 pp.
- SUÁREZ, R. 2014. La participación social y las fórmulas de gestión en el Parque Nacional de los Picos de Europa. *Monografía desarrollo resiliente*, volumen 3, nº 2. Gobierno de Extremadura, pp.152-165.
- TERZAGHI, K. 1946. Rock defects and loads on tunnel supports. In: *Rock tunneling with steel supports*. Youngstown, OH: Commercial Shearing and Stamping Company, pp. 17-99.
- TOLENTINOS, C. de. 1924. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 641-673.
- TOLENTINOS, C. de. 1925. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 637-665.

TOSAL, J.M. 1968. Relaciones zócalo-cobertera en el límite de las provincias de Oviedo y Santander. *Brev. Geol. Astúrica.*, 12, pp. 9-14.

TRUYOLS, J. y JULIVERT, M. 1976. La sucesión paleozoica entre cabo de Peñas y Antromero (Cordillera Cantábrica). *Trabajos de Geología*, 8. Universidad de Oviedo. Oviedo, pp. 5-30.

TRUYOLS, J., GONZÁLEZ, J., MARQUÍNEZ, J., MARTÍNEZ, C., MÉNDEZ, C. MENÉNDEZ, J.R. y SÁNCHEZ, L.C. 1984. Preliminary note on two marine sections (Tournaisian-Kasimovian) in the Picos de Europa area (Cantabrian Mountains, NW Spain). *Compte Rendu Neuvième Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, Whashington and Champaing-Urbana*, 1979, 2, pp.148-156.

UNESCO. 2008. *Orientations devant guider la mise en oeuvre de la Convention du patrimoine mondial*. Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO. Paris.

VILLA, E. 1998. Casiano de Prado, un pionero en la exploración de los Picos de Europa. *Geogaceta*, 23. Sociedad Geológica de España, Madrid, pp. 161-164.

VILLAR, L. 1908. Estadística Minera de España (Santander). *Consejo de Minería*. Madrid, pp. 620-639.

VIRGÓS, L.I., PENDÁS, F. y ARQUER, F. 1980. Sistemas hidrogeológicos de los Picos de Europa. Consideraciones sobre un eventual aprovechamiento energético de los acuíferos. *Jornadas Minero-Metalúrgicas*, sec. 5. Huelva, pp. 119-137.

WICKAM, G.E., TIEDEMANN, H.R., y SKINNER, E.H. 1972. Support determination base don geologic predictions. En: *Proc. North American rapid excavation tunneling conference*, Chicago, pp. 43-64.

WIMBLEDON, W.A.P., ISHCENKO, A.A., GERASIMENKO, N.P., KARIS, L.O., SUOMINEN, V., JOHANSSON, C.E. y FREDEN, C. 2000. Proyecto Geosites, una iniciativa de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS). La ciencia respaldada por la conservación. En:

Barettino, D., Wimbledon, W.A.P. y Gallego, E. (Eds.). *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. D. Barettino, W. A. P. Wimbledon y E. Gallego (Eds.). IGME, Madrid, pp. 73-100.

WIRTH, P., CERNIC MALI, B., y FISCHER, W. (Eds.). 2012. *Post-ming Regions in Central Europe. Problems, Potentials, Possibilities*, Munich, 269 pp.

PÁGINAS WEB:

Archivo de la Asturiana de Zinc S.A. de Castrillón, Censo-Guía de Archivos de España e Iberoamérica, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 01/03/2015,
<http://censoarchivos.mcu.es/CensoGuia/archivodetail.htm?id=49630>

Asociación de Arqueología Industrial, 20/04/2015, <http://incuna.es/incuna/>

Boletín Oficial del Principado de Asturias, 25/05/2013,
http://tematico.asturias.es/bopa/Bol/20070809/15969_01.htm

Comité Internacional de Monumentos y de Sitios (ICOMOS), 07/06/2011, <http://www.icomos.org/fr/>

Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), Instituto Geológico y Minero de España (IGME). 10/6/4015, <http://info.igme.es/ielig/>

La Minería en el Concejo de Espinama, Santos, G., 10/07/2015, <http://www.espinama.es>

Las Piedras de Juan María, 04/07/2015, <http://laspiedrasdejuanmaria.blogspot.com.es/2013/01/museo-martorell-3.html>

Magnetic declination, 24/03/2015, <http://magnetic-declination.com/>

Minas de Sierra Morena, 12/03/2015, <http://www.minasdesierramorena.es/>

Museo de Ciencias Naturales de Barcelona, 08/06/2015, <http://geologiaenlinia.bcn.cat/eMuseumPlus>

Museo de Historia Natural de Berlín, 08/06/2015, <http://www.naturkundemuseum-berlin.de/sammlungen/mineralogie-petrographie/mineralien/>

Museo de Historia Natural de Florencia, 10/06/2015, <http://www.msn.unifi.it/collezioni/mineralogia-e-litologia-2/database-collezioni-mineralogiche/>

Museo de Historia Natural de Londres, 11/06/2015, <http://data.nhm.ac.uk/dataset/collection-specimens/resource/05ff2255-c38a-40c9-b657-4ccb55ab2feb/record/7859>

Museo de Historia Natural de Oxford, 09/06/2015, <http://data.nhm.ac.uk/dataset/collection-specimens/resource/05ff2255-c38a-40c9-b657-4ccb55ab2feb/record/7859>

Museo de Mineralogía de la Universidad Autónoma de Madrid, 05/07/2015, <http://www.uam.es/cultura/museos/mineralogia/especifica/mineralesAZ/Blenda/403.blenda.html>

Museo Don Felipe de Borbón y Grecia de la Escuela de Minas de Madrid, 06/07/2015, http://cdp.upm.es/webclient/DeliveryManager?pid=470690&custom_att_2=simple_viewer

Museo Nacional de Escocia, 03/06/2015, <http://www.nms.ac.uk/about-us/collections-departments/collections-services/>

Museo Smithsonian de Historia Natural, 01/05/2015, <http://collections.nmnh.si.edu/search/ms/?v=g0>

Parque Nacional del Teide, Parques Nacionales de Canarias, Gobierno de Canarias, 08/11/2013, <http://www.parquesnacionalesdecanarias.com/es/Teide/>

Red Global de Geoparques, 12/06/2015, <http://www.globalgeopark.org/>

Real Instituto Belga de Ciencias Naturales, 11/06/2015, <https://www.naturalsciences.be/>

Sedgwick Museum of Earth Science Cambridge, 04/07/2015, <http://www.sedgwickmuseum.org/index.php?page=collections>

Servicio cántabro de empleo, Consejería de economía, hacienda y empleo, Gobierno de Cantabria,
20/06/2015, <http://www.empleacantabria.com/>

Sistema de Información de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), Ministerio de Medio Ambiente y Medio
Rural y Marino, España, 20/04/2008, <http://www.mapa.es/es/sig/pags/sigpac/intro.htm>

Visual Topo, Eric David, 03/08/2015, vtopo.free.fr

World heritage list, UNESCO, 22/09/2015, <http://whc.unesco.org/es/list/>

ANEJO 1. FICHAS DE CAMPO

Para la realización del inventario de campo de los elementos mineros, se emplearon las fichas de campo que se han explicado en el capítulo 4.2. A continuación se adjuntan algunas a modo de ejemplo de los tres sectores inventariados:

-Fuente Dé: galerías G1 y G2.

-Gramas (Lloroza): galería G1.

-Hoyo sin Tierra (Lloroza): galerías G2 y G4.

-San Luis (Lloroza): zanja Z1.

-Canal de San Luis (Lloroza): zanja Z3.

-Canal del Vidrio (Áliva): edificaciones ED1 y ED3.

-Providencia (Áliva): galería G9.

-Las Mánforas (Áliva): escombrera ED2.

-Zulema-Bat-Manolita (Áliva): afloramiento A2, galerías G10 y G12.

-Inés (Áliva): zanja Z1.

-Berto (Áliva): pozo P4.

-Resalado (Áliva): escombrera E1.

-Horcadina de Covarrobres (Áliva): galería G18.

INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA FUENTE DE SUBZONA VERTICAL A LA BIFURCACIÓN A LIORDES

ELEMENTO 61

Afloramiento ☐ Galería ☒ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 352230 coordenada Y 4779153

Fotografía 840,841,242 Dimensiones VER CROQUIS

Agua Si ☒ NO Protección Si ☒ NO Colonización vegetal SI / NO

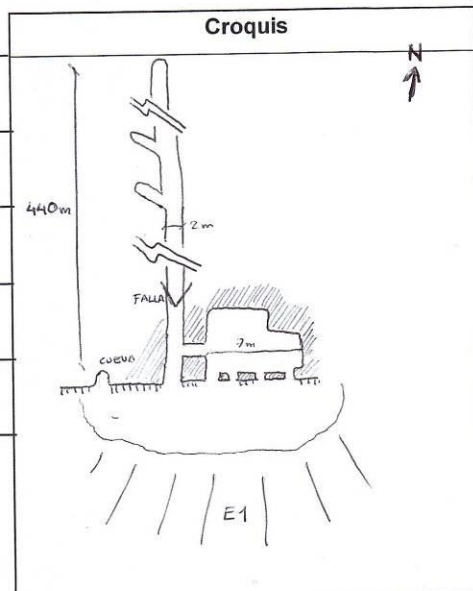
Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☐ MEDIO ☒ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ MEDIO, GALERIA DE
EXPLORACIÓN CON POLVORÍN EN EL ACCESO.
MÁS DE 400 m DE RECORRIDO SIN PRESENCIA
DE ZONAS MINERALIZADAS. RESTOS DE LAS
TRUKESAS DE LOS RAILLOS.

Observaciones SITUADA ALEJADA DE LOS
CAMINOS. GRAN ESTABILIDAD DE LA GALERIA
INCLUSO EN ZONAS DE FALLA.

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad



ZONA FUENTE DE SUBZONA YA SALIÓ

Afloramiento ☐ Galería ☒ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 353168 coordenada Y 4779172

Fotografía 355, 256, 257 Dimensiones VER CROQUIS

Agua (Si) / NO **Protección** (Si) / NO **Colonización vegetal** SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☒ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☐ BUENO ☒ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial: MEDIO, RECORRIDO INTERIOR

SE OBSERVAN ZONAS MINERALIZADAS,

PRINCIPALMENTE ESFALEZITA.

Observaciones CONECTA CON LA GALERÍA 63

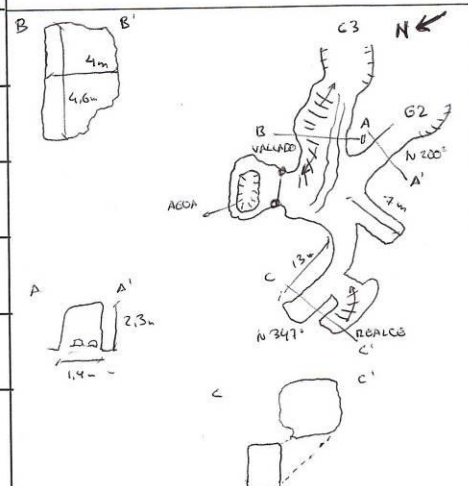
A LA MISMA COTA. POZO-PLAMPA INTERIOR

VALLADO, PRESENCIA DE AGUA EN LA

CONEXIÓN CON G4.

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA LLOROZA SUBZONA GRAMAS (JUELTONA)

ELEMENTO G1

Pozo Socavón Zanja Galería X Escombrera Edificio Afloramiento

Situación: coordenada X 352381 coordenada Y 4781242

Fotografía 171, 172, 173 Dimensiones VER CROQUIS

Agua SI / NO Protección Si / NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☒ ALTO ☐ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

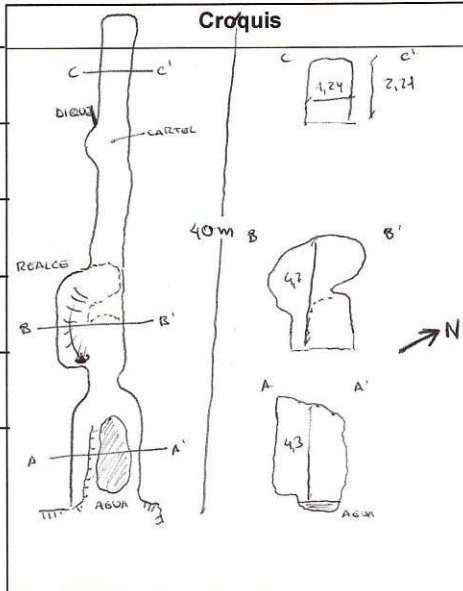
Interés patrimonial' ALTO ; recorriendo INTERIOR

CON PRESENCIA DE REALCES AL INICIO,
DIQUE MINERALIZADO. RESTOS DE LAS
TRAVIESAS DE LOS RAILES. RESTOS DE
ESFALERITA EN LA ESCOMBRERA.

Observaciones RIESGO ALTO EN EL ACCESO, CON
UNA ZONA INUNDADA. PAREDES CON
BUENA ESTABILIDAD

': espeleotemas, elementos mineralógicos,
paleontológicos, estructurales, mineros,

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA LLOROZA SUBZONA GRAMAS (HOY SIN TIERRA)

ELEMENTO 62

Afloramiento ☐ Galería ☒ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 351627 coordenada Y 4780920

Fotografía 72,73,74,75 Dimensiones VER CROQUIS

Agua Si / ☒ NO Protección Si / ☒ NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☒ ALTO ☒ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☐ BUENO ☐ RECUPERABLE ☒ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial' RECORRIDO INTERIOR

PRESENCIA DE CALCINAS, ESFALETRITA, CALCITA Y

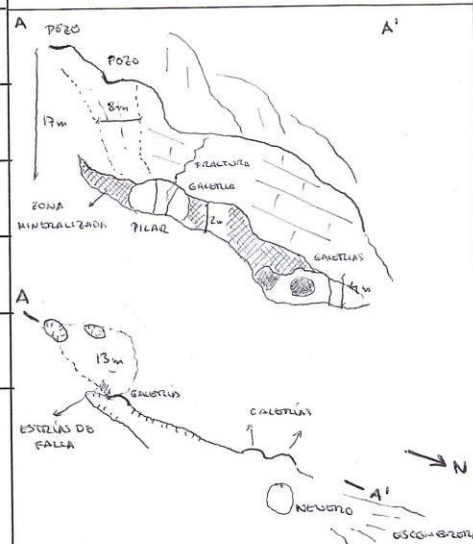
GALENA, ESTRIAS DE FALLA, INTERÉS MEDIO

Observaciones CALIDAD DE ROCA MUY MALA, INICIO

EXPLOTACION SUPERFICIAL

': espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA LLOREZA SUBZONA GRANAS (HOYO SIN TIERRA)

ELEMENTO G4

Afloramiento ☐ Galería ☒ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 351630 coordenada Y 4780919

Fotografía 78.79 Dimensiones VER CROQUIS

Agua Si / ☒ NO Protección Si / ☒ NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☒ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ MEDIO, RECURRIDO INTERIOR

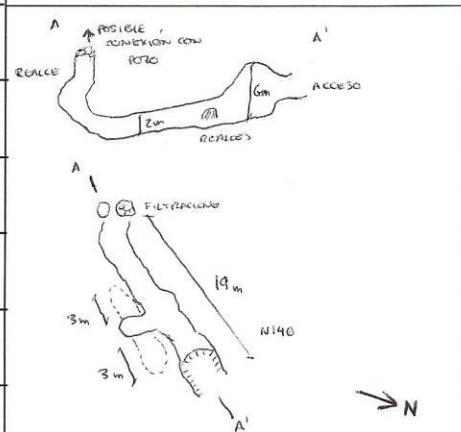
CON PRESENCIA DE ZONAS MINERALIZADAS.
CONEXIÓN CON EL POZO P3, EN UNA ZONA
DE REALCES.

Observaciones FILTRACIONES DE AGUA AL

FINAL DE LA GALERÍA

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA LLOROZA

SUBZONA SAN LUIS

ELEMENTO Z1

Afloramiento ☐ Galería ☐ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☒ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 351320 coordenada Y 4780196

Fotografía 163 Dimensiones 6x2m // 3m PROFUNDIDAD

Agua Si / ☒ NO Protección Si / ☒ NO Colonización vegetal Si / ☒ NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☒ ALTO ☐ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☐ BUENO ☐ RECUPERABLE ☒ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial' BAJO, SE APRECIA LA

LITOLOGÍA Y PARTE DE UN FILÓN

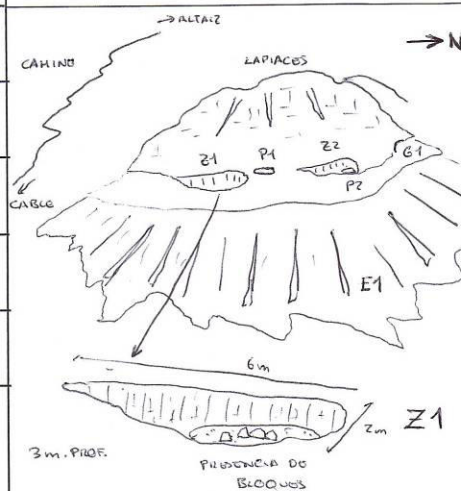
Observaciones VISIBLE DESDE EL CAMINO

DE ALTAIZ AL CABLE, PAREDES CON ALGO DE

INESTABILIDAD

': espeleotemas, elementos mineralógicos, litología,
paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA LLOROZA SUBZONA CANAL DE SAN LUIS (FRENTE A GRAMAS)

ELEMENTO Z3

Afloramiento ☐ Galería ☐ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☒ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 351932 coordenada Y 4780108

Fotografía 32,33 Dimensiones VER CROQUIS

Agua Si / ☒ NO Protección Si / ☒ NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☒ MUY ALTO ☐ ALTO ☐ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ ALTO, GRAN ZANJA DE

RECORRIDO FACIL, CON PAREDES ESTABLES Y

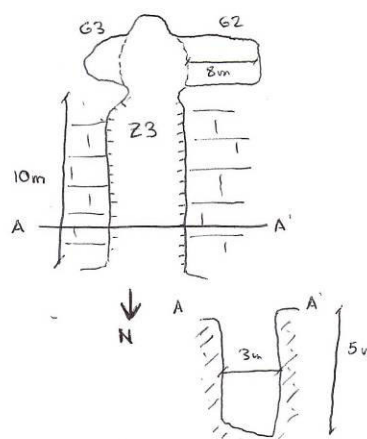
CONEXIÓN CON GALERÍAS

Observaciones NECESARIA PROTECCIÓN O

SEÑALIZACIÓN EN LA PARTE SUPERIOR

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA SUBZONA CANAL DEL VIDRIO

ELEMENTO ED1

Afloramiento ☐ Galería ☐ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☒

Situación: coordenada X 354033 coordenada Y 4782026

Fotografía 5 Dimensiones 6x5m // 4m ALTURA

Agua Si / NO Protección Si / NO Colonización vegetal Si / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☐ MEDIO ☒ BAJO

Estado de conservación ☐ BUENO ☐ RECUPERABLE ☒ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ ALTO-MEDIO. BLOQUE DE

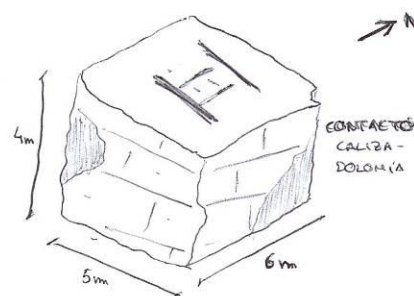
CALIZA CON CONTACTO CON DOLOMITA. BASE
(MADELA Y HIERRO) DE LA PARTE INFERIOR
DEL CABLE

Observaciones SITUADO ENTRE LAS MANEGRAS

Y LA CANAL DEL VIDRIO

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA SUBZONA CANAL DEL VIDRIO

ELEMENTO <u>ED3</u>	
Afloramiento <input type="checkbox"/> Galería <input type="checkbox"/> Pozo <input type="checkbox"/> Socavón <input type="checkbox"/> Zanja <input type="checkbox"/> Escombrera <input type="checkbox"/> Edificio <input checked="" type="checkbox"/>	
Situación: coordenada X <u>353694</u> coordenada Y <u>4782170</u>	
Fotografía <u>6</u> Dimensiones <u>VER CROQUIS</u>	
Agua SI/NO Protección SI/NO Colonización vegetal SI/NO	
Valoración de riesgos <input type="checkbox"/> MUY ALTO <input type="checkbox"/> ALTO <input type="checkbox"/> MEDIO <input checked="" type="checkbox"/> BAJO	
Estado de conservación <input checked="" type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> RECUPERABLE <input type="checkbox"/> RUINOSO <input type="checkbox"/> IRRECUPERABLE	
Interés patrimonial' <u>ALTO, POLVORIN/REFUGIO</u> <u>APROVECHANDO UNA CAVIDAD NATURAL. MUROS</u> <u>DE PIEDRA Y PORTICO EN BUEN ESTADO.</u> Observaciones <u>SITUADO EN LA BASE DE</u> <u>PEÑA VIEJA.</u>	Croquis
': espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad	

INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA SUBZONA LAS MANFORAS (PROVIDENCIA)

ELEMENTO G9

Afloramiento ☐ Galería ☐ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 354083 coordenada Y 4781874

Fotografía 134 Dimensiones VER CROQUIS

Agua Si / ☒ NO Protección Si / ☒ NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☒ ALTO ☐ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial ALTO, AFLORAMIENTO

DE CALCITA ESPÁTICA. RECORRIDO INTERIOR

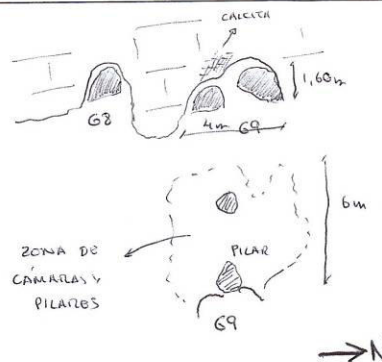
CON PRESENCIA DE CÁMARAS

Observaciones ROCA FRAGMENTADA EN

EL ACCESO

': espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ÁLIVA

SUBZONA LAS MÁNFORAS

ELEMENTO E2

Afloramiento ☐ Galería ☐ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☒ Edificio ☐

Situación: coordenada X 354249 coordenada Y 4781962

Fotografía 136,137,138 Dimensiones ver croquis

Agua Si / NO Protección Si / NO Colonización vegetal SI (NO)

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☒ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☐ BUENO ☒ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ MEDIO, DQUE DE

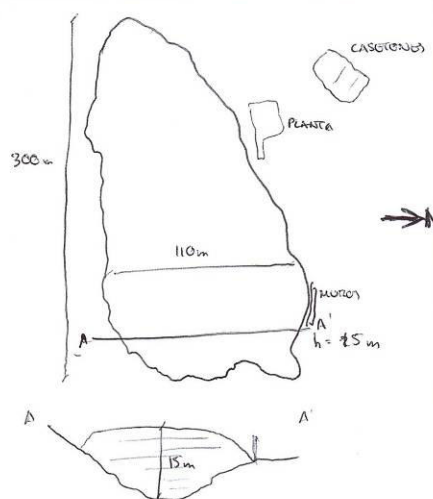
ESTERILES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE LAS MÁNFORAS

Observaciones PRESENCIA DE NIVELES METÁLICOS.

LOS FINOS SE FILTRAN EN LOS POZOS DE LAS
LABORES ZULEMA, Y TAPIZAN EL CAUCE Y
LAS PRADERAS ALEDANAS

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA SUBZONA DUSE (ZULEMA - BAT - MANOLITA)

ELEMENTO A2

Afloramiento ☒ Galería ☐ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 354674 coordenada Y 4781942

Fotografía 11 Dimensiones 40m recorrido #max=4m

Agua Si / NO Protección Si / NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☐ MEDIO ☒ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial' MUY ALTO, AFLORAMIENTO

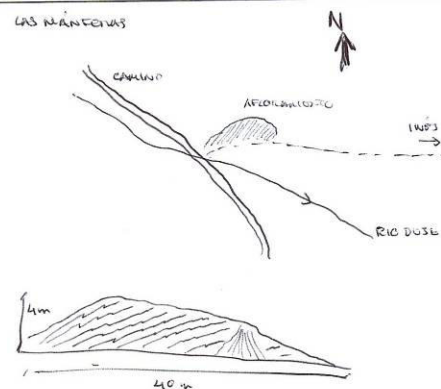
DE LA FORMACION LESOJA.

Observaciones ACCESO Y CONDICIONES DE

OBSERVACION EXCELENTES

': espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA SUBZONA DUSE (ZULENA-BAT-MANOLITA)

ELEMENTO G10

Afloramiento ☐ Galería ☒ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 354715 coordenada Y 4781865

Fotografía 10 Dimensiones VER CROQUIS

Agua Si / ☒ NO Protección Si / ☒ NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☒ ALTO ☐ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☐ BUENO ☒ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ ALTO, RECORRIDO INTERIOR

CON VARIOS ACCESOS, PRESENCIA DE ZONAS

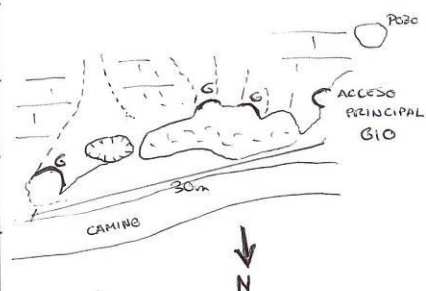
MINERALIZADAS.

Observaciones NECESARIO VALLADO, ANCLADO EN

LATERALES CON POSTES

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA SUBZONA DUJE (ZULEMA-BAT-MANOLITA)

ELEMENTO <u>G12</u>	
Afloramiento <input type="checkbox"/> Galería <input checked="" type="checkbox"/> Pozo <input type="checkbox"/> Socavón <input type="checkbox"/> Zanja <input type="checkbox"/> Escombrera <input type="checkbox"/> Edificio <input type="checkbox"/>	
Situación: coordenada X <u>354480</u> coordenada Y <u>4781917</u>	
Fotografía <u>12, 13, 14</u> Dimensiones <u>100m // 3 NIVELES</u>	
Agua Si <input checked="" type="checkbox"/> NO Protección Si <input checked="" type="checkbox"/> NO Colonización vegetal SI / NO	
Valoración de riesgos <input type="checkbox"/> MUY ALTO <input type="checkbox"/> ALTO <input checked="" type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> BAJO	
Estado de conservación <input checked="" type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> RECUPERABLE <input type="checkbox"/> RUINOSO <input type="checkbox"/> IRRECUPERABLE	
Interés patrimonial¹ <u>MUY ALTO, RECONOCIDO DE</u> <u>INTERIOR CON VESTIGIOS MINEROS. TRES NIVELES</u> <u>DE EXPLOTACIÓN. ZONAS DE RESALCOS.</u> <u>PILAR DE ESFALETRITA CRISTALINA Y ZONAS</u> <u>DE CÁMARAS Y PILARES</u>	Croquis
Observaciones <u>MINA MUY ESTABLE EXCEPTO</u> <u>LA ZONA DE LA CÁMARA Y EL PILAR.</u>	
¹ : espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, palaeontológicos, estructurales, mineros, edad	

INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ÁLIVA SUBZONA INÉS

ELEMENTO 21

Afloramiento ☐ Galería ☐ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☒ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 355089 coordenada Y 4781911

Fotografía 381,382,383 Dimensiones 40 x 4 metros. H=3m

Agua Si / NO Protección Si / NO Colonización vegetal Si / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☒ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☐ BUENO ☒ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ ALTO, EXPLORACION

SUPERFICIAL CON RESTOS DE BARROTES Y FINAL

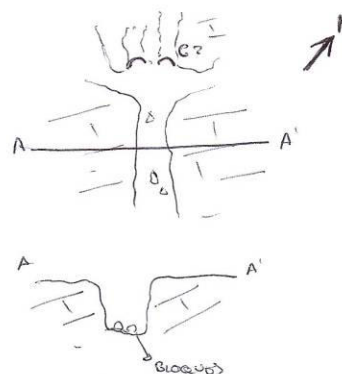
CON RECORRIDO INTERIOR.

Observaciones PELIGRO DE CAÍDAS EN LA

PARTE SUPERIOR.

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ÁLIVA SUBZONA BERTO

ELEMENTO P4

Pozo ☒ Socavón ☐ Zanja ☐ Galería ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐ Afloramiento ☒

Situación: coordenada X 354831 coordenada Y 4781755
UTM

Fotografía 15 Dimensiones 4 x 4,5 (Ø)

Agua Si / ☒ NO Protección ☒ SI / NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☒ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

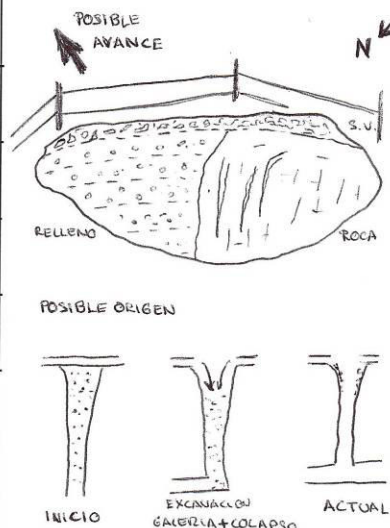
Interés patrimonial: ALTO, POSIBLE PUNTO

DE INTERÉS. DOLINA RELLENA CON FORMACIONES CÁRSTICAS, DESCALZADA POR UNA GALERÍA DE MINA.

Observaciones EL VALLADO DE SEGURIDAD
APOYA EN PARTE EN EL RELLENO DE LA DOLINA. PODRÍA HONDIRSE; NECESARIO AUMENTO DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN.

': espeleotemas, elementos mineralógicos, paleontológicos, estructurales, mineros,

Croquis



INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA SUBZONA RESALADO

ELEMENTO <u>E1</u>	
Afloramiento <input type="checkbox"/> Galería <input type="checkbox"/> Pozo <input type="checkbox"/> Socavón <input type="checkbox"/> Zanja <input type="checkbox"/> Escombrera <input checked="" type="checkbox"/> Edificio <input type="checkbox"/>	
Situación: coordenada X <u>354767</u> coordenada Y <u>4781317</u>	
Fotografía <u>419</u> Dimensiones <u>6x3</u>	
Agua Si / NO Protección Si / NO Colonización vegetal <input checked="" type="checkbox"/> SI / NO	
Valoración de riesgos <input type="checkbox"/> MUY ALTO <input type="checkbox"/> ALTO <input type="checkbox"/> MEDIO <input checked="" type="checkbox"/> BAJO	
Estado de conservación <input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> RECUPERABLE <input checked="" type="checkbox"/> RUINOSO <input type="checkbox"/> IRRECUPERABLE	
Interés patrimonial ¹ <u>BAJO, PRESENCIA DE</u> <u>GALENA Y ESFALERITA</u>	Croquis
Observaciones <u>PRESENCIA DE CUBEN</u> <u>DE VEGETACIÓN</u>	
¹ : espeleotemas, <u>elementos mineralógicos</u> , litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad	

INVENTARIO Y PROPUESTA DE PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO-MINERO DE LAS MINAS DEL MACIZO CENTRAL DE LOS PICOS DE EUROPA (CANTABRIA)

FICHA DE CAMPO

ZONA ALIVA

SUBZONA HORCADINA DE COVARZOBRES

ELEMENTO G18

Afloramiento ☐ Galería ☒ Pozo ☐ Socavón ☐ Zanja ☐ Escombrera ☐ Edificio ☐

Situación: coordenada X 353207 coordenada Y 4780206

Fotografía 122,123,124 Dimensiones VER CROQUIS

Agua Si / ☒ NO Protección Si / ☒ NO Colonización vegetal SI / NO

Valoración de riesgos ☐ MUY ALTO ☐ ALTO ☒ MEDIO ☐ BAJO

Estado de conservación ☒ BUENO ☐ RECUPERABLE ☐ RUINOSO ☐ IRRECUPERABLE

Interés patrimonial¹ ALTO, RECORRIDO INTERIOR

CON 3 ACCESOS Y PRESENCIA DE ZENAS MINORA-

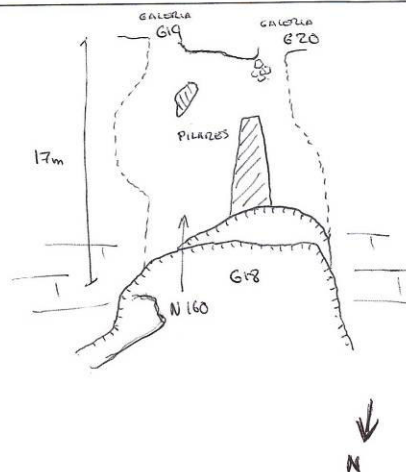
LIZADAS.

Observaciones RIESGO DE CAÍDA DE BLOQUES

EN EL ACCESO

¹: espeleotemas, elementos mineralógicos, litología, paleontológicos, estructurales, mineros, edad

Croquis



ANEJO 2. VALORACIÓN DEL RMR

Como se ha indicado en el capítulo 4.2.4, el RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de seis parámetros:

- 1) La resistencia a compresión simple del material
- 2) El índice RQD (*Rock Quality Designation*)
- 3) El espaciado de las discontinuidades
- 4) El estado de las juntas
- 5) La presencia de agua
- 6) La orientación de las discontinuidades

A continuación se indican los criterios de valoración utilizados para los distintos parámetros, así como la obtención de cada uno de estos sumandos y las puntuaciones que se realizan.

Resistencia de la roca (RMR1)

Tiene una valoración máxima de 15 puntos, y puede utilizarse como criterio el resultado del Ensayo de Resistencia a Compresión Simple (en laboratorio) o bien el Ensayo de Carga Puntual (*Point Load*). En campo puede obtenerse como primera aproximación a partir del rebote del esclerómetro (martillo Schmidt) o con unas tablas semicuantitativas empíricas en función del golpeo del martillo de geólogo (Jordá-Bordehore *et al*, en prensa).

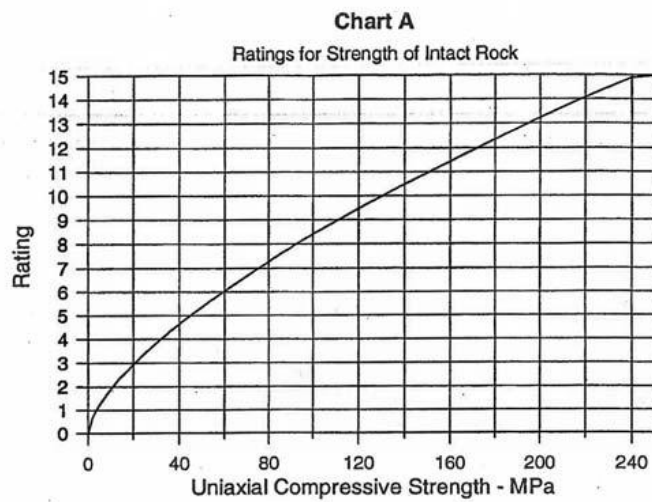


Figura 252: Ábaco para obtención de la valoración o puntuación de la resistencia de la roca en función de la resistencia a la compresión uniaxial (Bieniawski, 1989).

RQD (%) RMR2

Tiene una valoración máxima de 20 puntos. Se denomina RQD de un cierto tramo de un sondeo a la relación en tanto por ciento entre la suma de las longitudes de los trozos de testigo mayores de 10 cm y la longitud total de la maniobra de un sondeo.

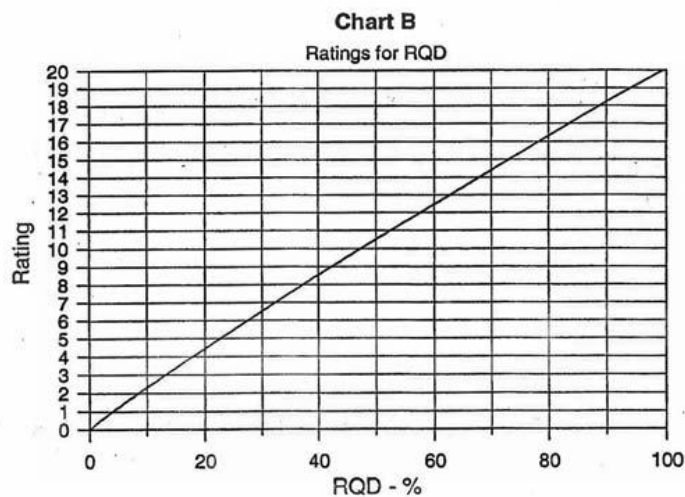


Figura 253: Ábaco para obtención de la valoración o puntuación del RQD (Bieniawski, 1989).

Cálculo del RQD a partir de datos determinados a lo largo de una línea: expresión de Priest y Hudson (1976)

En el caso de no disponer de sondeos, el RQD puede estimarse también a partir de la siguiente expresión propuesta por Priest y Hudson (1976) para toma de datos lineales que proporciona el valor teórico mínimo del RQD:

$$RQD_{\lambda} = 100e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1) \quad (1)$$

Donde λ es el número de juntas por metro lineal. Para la determinación del parámetro λ , debemos tomar una línea con cinta métrica en el entorno de la estación geomecánica. Es habitual tomar varias λ según orientaciones diferentes, y normalmente será suficiente con un par de ellas en direcciones normales entre sí, si el macizo es semejante en toda la longitud investigada o paralelo y perpendicular a la estratificación o juntas más desfavorables.

A continuación debemos medir todas las juntas (N) que interceptan nuestra línea de longitud (L). A partir de estos valores podemos obtener el parámetro λ (juntas por metro lineal) y determinar el RQD del macizo rocoso sustituyendo este valor en la ecuación (1).

Cálculo del RQD a partir de la expresión de Palström

También podemos calcular el RQD con la formulación de Palström (1982), a partir del índice volumétrico de juntas (J_v):

$$J_v = \sum_{i=1}^n \frac{1}{s_i} \quad (2)$$

Donde S_i es el espaciado medio de cada familia i de discontinuidades y J_v es el número de discontinuidades por m^3 de macizo. A partir del parámetro J_v , el RQD puede determinarse sustituyendo el valor obtenido de J_v en la ecuación (2) en las siguientes expresiones:

$$RQD = 115 - 3.3 \times J_v \quad \text{Si } J_v > 4,5 \quad (3)$$

$$RQD = 100 \% \quad \text{Si } J_v \leq 4,5 \quad (4)$$

Espaciado de las discontinuidades (RMR3)

Tiene una valoración máxima de 20 puntos. El parámetro considerado es la separación en metros entre juntas de la familia principal de diaclasas de la roca o bien aquellas que claramente gobiernan la estabilidad.

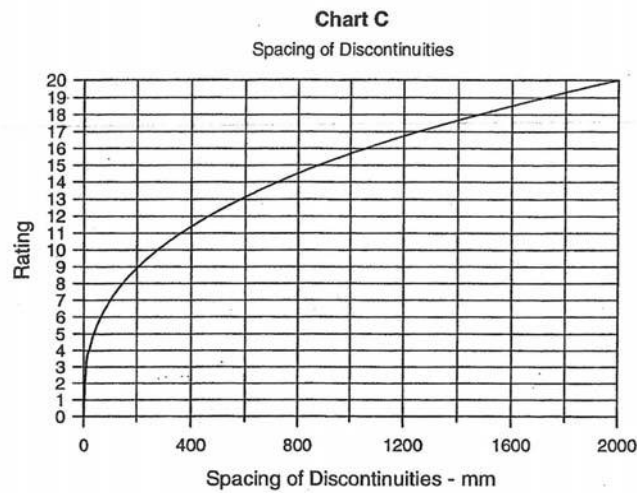


Figura 254: Ábaco para obtención de la valoración o puntuación del espaciado entre discontinuidades (Bieniawski, 1989).

Estado de las juntas (RMR4)

Es el parámetro que más influye, con una valoración máxima de 30 puntos. Pueden aplicarse los criterios generales de la Tabla 60 o bien aplicar la específica Tabla 61, en la que el estado de las diaclasas se descompone en otros cinco sub-parámetros: persistencia, apertura, rugosidad, relleno y alteración de la junta.

Un subparámetro que presenta cierta controversia en su determinación es el de alteración de las paredes de las discontinuidades o juntas, recogemos las indicaciones de Bieniawski (1989)

- 1- Roca fresca o inalterada (refiriéndose siempre a las paredes). No hay signos visibles de alteración: roca fresca, cristales brillantes
- 2- Roca ligeramente alterada. Las discontinuidades están manchadas o descoloridas y pueden contener un relleno fino de material alterado. La decoloración puede extenderse a la roca desde la superficie de la discontinuidad a una distancia de hasta un 20% del espaciado de la discontinuidad.
- 3- Roca moderadamente alterada. Leve decoloración se extiende desde los planos de discontinuidad hasta más del 20% del espaciado de la discontinuidad. Las discontinuidades pueden contener relleno de material alterado. Se puede apreciar una apertura parcial de los bordes de grano.
- 4- Roca muy alterada. La decoloración se extiende por toda la roca y el material rocoso es parcialmente friable – desmenuzable. La textura original de la roca se ha preservado fundamentalmente, pero hay separación entre los granos.
- 5- Roca descompuesta, completamente alterada. La roca se ha decolorado completamente y se ha descompuesto en un suelo disgregable. La apariencia externa es la de un suelo.

Presencia de agua (RMR5)

La valoración máxima es de 15 puntos. La Tabla 60 ofrece tres posibles criterios de valoración: estado general, caudal cada 10 metros de túnel y relación entre la presión del agua y la tensión principal mayor en la roca.

Estos cinco sumandos conforman el llamado RMR básico o RMR_{89} . Este valor de RMR es el que se emplea para las fórmulas de análisis de módulos de deformación, valores de cohesión y fricción del macizo, pero de cara a los sostenimientos de túneles y galerías el RMR debe ser corregido con un sexto

sumando según sea la orientación de las discontinuidades principales o que gobiernan la estabilidad respecto del avance del túnel.

Corrección por orientación de las juntas

Este parámetro tiene una valoración negativa, y oscila para túneles entre 0 y -12 puntos. En función del buzamiento de la familia de diaclasas y de su rumbo en relación con el eje del túnel (paralelo o perpendicular) se establece una clasificación de la discontinuidad en cinco tipos: desde Muy Favorable hasta Muy Desfavorable (Tabla 63). Según el tipo se aplica la puntuación especificada en la Tabla 62.

Para cada clase de roca, Bieniawski propone una cuantía de sostenimiento y un método de excavación. Esta tabla es aplicable a túneles excavados en roca mediante perforación y voladura, con anchura o vano comprendido entre 5 y 10 metros (Cornejo y Salvador, 1996).

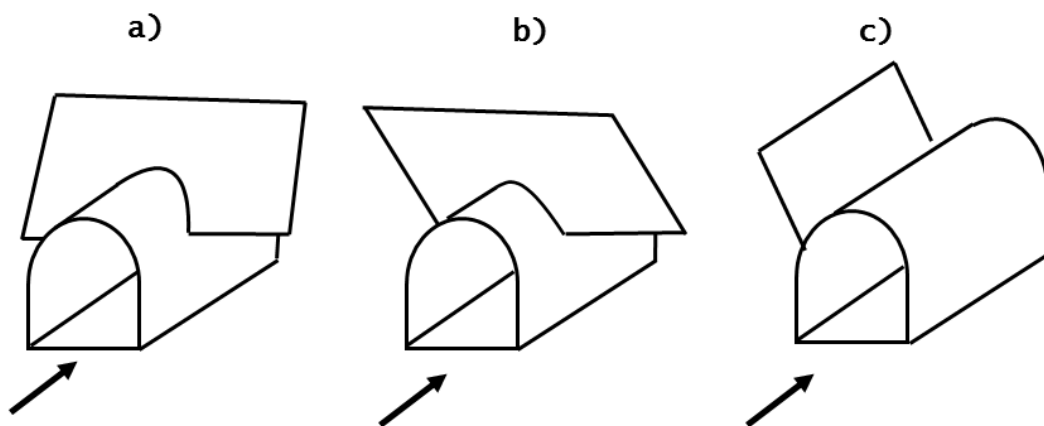


Figura 255: Esquema para la corrección por orientación de juntas: a- excavación a favor de buzamiento, b- excavación contra buzamiento, c- rumbo del túnel y discontinuidades paralelo.

Tablas de valoración del RMR:

Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de resistencia a carga puntual (Point load index) MPa	>10	4-10	2-4	1-2	Para este rango es preferible el ensayo de compresión uniaxial		
		Resistencia compresión uniaxial (RCS) MPa	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
	Valoración		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Valoración		20	17	13	8	3		
3	Espaciado - Separación de discontinuidades		>2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2m	<0.06 m		
	Valoración		20	15	10	8	5		
4	Condición de las discontinuidades		Superficies muy rugosas No continuas Sin separación Paredes inalteradas	Superficies ligeramente rugosas Separación < 1mm Paredes ligeramente alteradas	Superficies ligeramente rugosas Separación < 1 mm Paredes muy alteradas	Superficies estriadas (slickensided) Ó Relleno de < 5mm espesor Ó Separación 1-5 mm continuas	Rellenos blandos > 5 mm espesor Ó Separación > 5 mm Continuas		
	Valoración		30	25	20	10	0		
5	Agua subterránea	Flujo interno por 10 m de longitud de túnel (L/min)	Nulo	<10	10-25	25-125	>125		
		Ratio Presión agua en juntas /tensión principal mayor σ_w/σ_1	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
	Condiciones generales		Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
	Valoración		15	10	7	4	0		

Tabla 60: Parámetros de clasificación RMR y su valoración (Bieniawski, 1989 y modificado de Cornejo y Salvador, 1996).

Parámetro	Valoración				
Longitud de la discontinuidad (Persistencia/continuidad)	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
	6	4		1	0
Separación (apertura)	Nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Estriada (slickensided)
	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro		Relleno blando	
		<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
		4	2	2	0
Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterado	Descompuesto
	6	5	3	1	0

Tabla 61: Guía para clasificar las condiciones de las discontinuidades. Nota: Algunas condiciones de las indicadas arriba son mutuamente excluyentes. Por ejemplo, si hay relleno, es irrelevante la rugosidad de la junta, dado que su efecto es enmascarado por la influencia del relleno. En esos casos se debe utilizar directamente la Tabla 60 (Bieniawski, 1989). El autor señala que son los valores de 1979.

Orientaciones de rumbo y buzamiento de las discontinuidades		Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable
Valoración para	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Tabla 62: Corrección por orientación de las juntas (Bieniawski, 1989).

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0 - 20° Independiente del rumbo
Exc. a favor buzamiento		Exc. contra buzamiento				
Buz.>45°	Buzamien: 20-45°	Buz.>45°	Buzamien: 20-45°	Buz.>45°	Buzamien: 20-45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Medio

Tabla 63: Efecto del rumbo y buzamiento de las discontinuidades en túneles (Bieniawski, 1989).

Clase nº	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena roca	Buena roca	Roca regular (media)	Roca pobre (Mala)	Roca muy pobre (Muy mala)
Valores de RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	0-20
Tiempo de estabilidad medio y longitud del vano (metros)	20 años 15 m	1 año 10 m	1 semana 5 m	10 horas 2.5 m	30 minutos 1 m
Cohesión de la masa rocosa (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Angulo de rozamiento de la masa rocosa	>45°	35-45°	25-35°	15-25°	15°

Tabla 64 : Clases de RMR y su significado (Bieniawski, 1989).

ANEJO 3. VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE Q

Para el cálculo del índice Q, indicado en el capítulo 4.2.4, que nos sirve para clasificar el macizo rocoso alrededor de un hueco subterráneo, se aplica la siguiente expresión:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

Para la obtención de cada uno de los parámetros, se aportan a continuación unas tablas donde se obtienen los valores correspondientes en función de descripciones generales del macizo rocoso:

Rock Quality Designation (RQD)

Ya se ha mencionado en el apartado 3.4 los diferentes criterios para obtenerlo. A diferencia del RMR donde se asigna una puntuación según el rango o valor del RQD en el índice Q se introduce directamente el valor del RQD en la fórmula. Varía entre 0 y 100. Si el RQD es 0 en la fórmula se debe de introducir un valor de 10, para valores de RQD entre 0 y 10 se debe de incrementar en 10 unidades cuando se emplean en el cálculo del índice Q (NGI, 2013).

A	Muy mala	0-25
B	Mala	25-50
C	Media	50-75
D	Buena	75-90
E	Excelente	90-100
<p>Notas:</p> <p>Cuando se obtienen valores del RQD inferiores o iguales a 10, se toma un valor de 10 para calcular el índice Q.</p> <p>Los intervalos de 5 unidades para el RQD, es decir, 100, 95,90, etc. tienen suficiente precisión.</p>		

Tabla 65: Calidad del testigo “RQD” en la clasificación Q (Cornejo y Salvador 1996).

Índice de diaclasado (Jn)

La forma y tamaño de los bloques de un macizo rocoso depende de la geometría de las juntas o discontinuidades. Las juntas que aparecen de forma sistemática se agrupan en lo que se denomina una familia de juntas (“joint set” en inglés). A veces es difícil saber si un grupo conforman o no una familia, comparándolas con el conjunto de discontinuidades medidas, para ello es de gran ayuda un análisis estadístico mediante estereogramas (proyección estereográfica). Las juntas que no ocurren de forma sistemática o que tienen un espaciado de varios metros con respecto al tamaño del hueco que se analiza se denominan aleatorias (en inglés “random joint set”).

Categoría	Descripción	Valor
A	Roca masiva, sin diaclasar o con pocas juntas	0,5 – 1,0
B	Una familia de diaclasas	2
C	Una familia y algunas diaclasas aleatorias	3
D	Dos familias de diaclasas	4
E	Dos familias y algunas diaclasas aleatorias	6
F	Tres familias de diaclasas	9
G	Tres familias y algunas diaclasas aleatorias	12
H	Cuatro o más familias, diaclasas aleatorias, roca muy fracturada, roca en terrones	15
J	Roca triturada, tipo suelo	20
Notas: En intersecciones de túneles se utiliza la expresión (3xJn) En las bocas de los túneles se utiliza la expresión (2xJn)		

Tabla 66: Valoración del índice de diaclasado Jn en la clasificación Q (NGI, 2013).

Se analiza mejor en muchos casos si hay o no aleatorias y familias mediante un estereograma.

Índice de rugosidad (Jr)

La fricción de las juntas depende de la naturaleza de las paredes de las discontinuidades: si son onduladas, planares, rugosas o lisas. El índice de rugosidad describe estas condiciones y se estima a partir de la Tabla 67. Se debe de evaluar el Jr para todas las juntas. Después para calcular el índice Q el proyectista elegirá normalmente la junta más desfavorable de cara a la excavación del hueco. O bien también puede obtenerse un valor mínimo, máximo, medio o más frecuente y hacer un análisis cuasi estadístico.

Para utilizar la Tabla 67 es importante hacer una primera consideración: si ante un movimiento máximo de 10 cm según la discontinuidad existirá o no contacto entre las paredes. En el caso de que exista contacto tenemos las categorías a) y b) y subcategorías de A a G. Mientras que de no haber contacto (existe relleno arcilloso) entonces sería la categoría c)-H.

Contacto entre las dos caras de la discontinuidad.		
Contacto entre las dos caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm.		
A	Diaclasas discontinuas	4
B	Diaclasas rugosas o irregulares, onduladas	3
C	Diaclasas lisas, onduladas	2
D	Diaclasas estriadas- cizalladas (slickensided), onduladas	1,5
E	Rugosas, irregulares, planares	1,5
F	Diaclasas lisas, planares	1,0
G	Diaclasas estriadas- cizalladas (slickensided), planares	0,5
Notas: Las descripciones se refieren a caracterizaciones a pequeña escala y escala intermedia, por este orden.		
No existe contacto entre las caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante.		
H	Zona que contiene minerales arcillosos con un espesor suficiente para impedir el contacto de las caras de la discontinuidad.	1,0
J	Zona arenosa, de gravas o triturada con un espesor suficiente para impedir el contacto entre las dos caras de la discontinuidad.	1,0

Notas: Si el espaciado de la principal familia de discontinuidades es superior a 3 m se debe aumentar el índice Jr en una unidad (dependiendo del tamaño del hueco subterráneo).

En el caso de diaclasas planas perfectamente lisas que presenten lineaciones, y que dichas lineaciones estén orientadas según la dirección de mínima resistencia se puede utilizar el valor $J_r = 0,5$

Tabla 67: Valoración del índice de rugosidad Jr de las discontinuidades, en la clasificación Q (NGI, 20113).

Índice de alteración de discontinuidades (Ja)

Además de la rugosidad, el relleno de las juntas es importante de cara a la fricción de las juntas. Al considerar el relleno de juntas hay dos factores que son importantes: el espesor y la resistencia. Esos factores dependen de la composición mineral. Para la determinación del valor o índice de alteración de una junta (Ja), el relleno de la misma se divide en tres categorías (a, b y c) basadas en el espesor y el grado de contacto entre paredes cuando se desplace y se produzca un cortante según este plano (NGI, 2013). Estos conceptos y la valoración del parámetro Ja están indicados en la Figura 256 y Tabla 68.

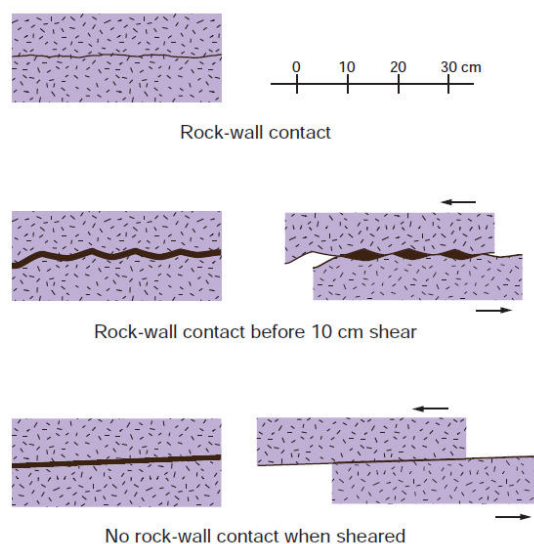


Figura 256: Relación entre las juntas, el relleno y el desplazamiento cortante, de arriba abajo categorías a, b y c (NGI, 2013).

Ja índice de alteración		Φr aprox.	Ja
a) Contacto entre los planos de la discontinuidad (sin minerales de relleno intermedio, solo recubrimientos- manchas)			
A	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimientos, relleno impermeable, por ejemplo cuarzo o epidota	-	0,75
B	Planos de discontinuidad inalterados, superficies ligeramente manchadas	25°-35°	1
C	Planos de discontinuidades ligeramente alterados. Presentan minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas, etc.	25°-30°	2
D	Recubrimientos de arcillas limosas o arcillas-arenosas. Fracción pequeña de arcilla (no blanda)	20°-25°	3
E	Recubrimientos de arcillas blandas o de baja fricción, es decir, caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc., y pequeñas cantidades de arcillas expansivas	8°-16°	4
b) Contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm (minerales de relleno en pequeños espesores)			
F	Partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	25°-30°	4
G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados, no reblandecibles (continuos, pero con espesores inferiores a 5mm)	16°-24°	6
H	Rellenos arcillosos con sobreconsolidación media a baja, con reblandecimiento(continuos, pero de espesores inferiores a 5mm)	12°-16°	8
J	Rellenos de arcillas expansivas, es decir, tipo montmorillonita (continuos, pero con espesores inferiores a 5mm). El valor de J _a depende del porcentaje de partículas expansivas tamaño arcilla	6°-12°	8-12
c) No se produce contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante (rellenos gruesos de mineral)			
K	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada. Fuertemente sobreconsolidadas	16-24°	6
L	Zonas o bandas de arcilla, roca desintegrada o triturada. Media a baja sobreconsolidación o rellenos reblandecibles	12-16°	8
M	Zonas o bandas de arcilla, roca desintegrada o triturada. Arcilla expansiva. El valor de J _a depende del porcentaje de partículas expansivas tamaño arcilla	6-12°	8-12
N	Zonas gruesas continuas o bandas de arcilla. Fuertemente sobreconsolidadas	12°-16°	10
O	Zonas continuas o bandas de arcilla, gruesas. Sobreconsolidación media a baja	12-16°	13
P	Zonas continuas o bandas con arcilla, gruesas. Arcilla expansiva. El valor de J _a depende del porcentaje de partículas expansivas tamaño arcilla	6-12°	13-20

Tabla 68: Valoración del índice de alteración de las discontinuidades Ja, en la clasificación Q (NGI, 2013).

Factor de reducción por presencia de agua (J_w)

La presencia de agua en las juntas puede reblandecer o lavar el mineral de relleno de las mismas y con ello reducir la fricción en los planos de las juntas. La presión de agua puede reducir la tensión normal en las paredes de las juntas de forma que los bloques puedan desplazarse más fácilmente. La determinación del factor de reducción de agua en las juntas está basado en la entrada de agua y la presión de agua observadas en un hueco subterráneo, tal y como se muestra en la Tabla 69. Los valores de J_w más bajos ($J_w < 0,2$) representan importantes problemas de estabilidad (NGI, 2013).

Factor de reducción por presencia de agua en juntas		J_w
A	Excavaciones secas o pequeñas afluencias (húmedo o unas pocas gotas)	1
B	Afluencia a presión media, con lavado ocasional de los rellenos de las discontinuidades (muchas gotas o "lluvia")	0,66
C	Afluencia en chorro o presión alta en rocas competentes con discontinuidades sin relleno	0,5
D	Afluencia importante o presión alta, produciéndose un lavado considerable de los rellenos de las diaclasas.	0,33
E	Afluencia excepcionalmente alta o presión elevada decreciendo con el tiempo. Causa lavado de material y quizás sobreexcavación	0,2-0,1
F	Afluencia excepcionalmente alta, o presión elevada de carácter persistente, sin disminución apreciable. Causa lavado de material y quizás sobreexcavación	0,1-0,05
Nota: i) los factores C a F son simples estimaciones, se debe de incrementar el valor de J_w si se drena el macizo rocosos se realizan inyecciones. ii) no se consideran los problemas que pueda ocasionar el hielo		

Tabla 69: Factor J_w de reducción por la presencia de agua (NGI, 2013).

Para distinguir entre los valores de J_w entre 1 y 0,66 pueden aplicarse las siguientes observaciones (NGI, 2013):

- Para goteo de agua puntual, en áreas limitadas de la excavación, considerar $J_w=1$.
- En caso de goteo o pequeños chorros de agua en una zona concentrada o goteos frecuentes en una zona amplia considerar $J_w=0,66$.
- Si el chorro de agua concentrado proviene de un taladro, tomar $J_w=0,66$

Factor de reducción por condiciones tensionales (*Stress reduction factor* - SRF)

En general, el SRF describe la relación entre la tensión y la resistencia alrededor de un hueco subterráneo. Los efectos de las tensiones se pueden observar habitualmente en una obra subterránea como estallidos, lajamientos, deformaciones, squeezing, dilatación y caídas de bloques. En algunas ocasiones, sin embargo, puede pasar cierto tiempo hasta que los fenómenos tensionales se hacen perceptibles (NGI, 2013).

Factor de reducción por tensiones- “Stress Reduction Factor”		SRF
a) Hay zonas débiles que intersectan a la excavación, pudiendo producirse desprendimientos de roca a medida que la excavación del túnel va avanzando.		
A	Múltiples zonas débiles con una pequeña porción conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca de contorno muy suelta (a cualquier profundidad). O largas secciones con roca débil e incompetente (a cualquier profundidad). Para “squeezing” ver categorías L y M	10
B	Múltiples zonas de cizalla con una corta sección en roca competente libre de arcillas y roca suelta alrededor (a cualquier profundidad)	7,5
C	Zonas débiles aisladas con o sin arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad ≤ 50 m)	5
D	Terreno suelto, diaclasas abiertas, intensamente fracturado, en terrones, etc. (a cualquier profundidad)	5
E	Zonas débiles aisladas con o sin arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad > 50 m)	2,5
Nota: Se reducen los valores expresados del SRF entre un 25-50% si las zonas de fracturas solo ejercen influencia pero no intersectan a la excavación.		

Tabla 70: Valoración de las condiciones tensionales de la roca (SRF) para la categoría a) zonas débiles intersectan la excavación (modificado de NGI, 2013).

a) Rocas competentes, principalmente masivas, problemas tensionales.		σ_c/σ_1	σ_θ/σ_c	SRF
F	Tensiones pequeñas cerca de la superficie, diaclasas abiertas	>200	<0,001	2,5
G	Tensiones medias, condiciones tensionales favorables	200-10	0,01-0,3	1
H	Tensiones elevadas, estructura muy compacta. Normalmente favorable para la estabilidad. Puede ser desfavorable para la estabilidad dependiendo de la orientación de las tensiones en relación con planos de debilidad o fracturación *	10-5	0,3-0,4	0,5-2 2,5*
J	“Spalling” y/o lajamiento (slabing) moderado de la roca después de 1 hora en rocas masivas	5-3	0,5-0,65	5-50
K	Spalling o estallido de roca (rock burst) después de algunos minutos en rocas masivas	3-2	0,65-1	50-200
L	Estallidos violentos de la roca y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	<2	>1	200-400
Notas: ii) Si se comprueba la existencia de campos tensionales vírgenes fuertemente anisótropos (si se han medido): cuando $5 \leq \sigma_1/\sigma_3 \leq 10$, se disminuye el parámetro σ_c hasta $0,75\sigma_c$; si $\sigma_1/\sigma_3 > 10$, se tomará el valor $0,5 \sigma_c$. Siendo σ_c es resistencia a compresión simple, σ_1 y σ_3 son las tensiones principales mayor y menor y σ_θ es la tensión tangencial máxima (estimada a partir de la teoría de la elasticidad). iii) En los casos en los que la profundidad de la clave del túnel es menor que el vano de la excavación, se sugiere aumentar el valor del factor SRF de 2,5 a 5(caso F)				
b) Rocas con fenómenos de squeezing: deformación plástica en roca incompetente sometida a altas presiones.			σ_θ/σ_c	SRF
M	Presión de deformación (squeezing) baja		1-5	5-10
N	Presión de deformación (squeezing) alta		>5	10-20
Nota: iv) Los fenómenos de deformación o fluencia de rocas suelen ocurrir a profundidades $H > 350Q^{1/3}$ (SINGH et alii., 1992). v) La resistencia compresión del macizo rocoso puede estimarse mediante la expresión: $q(\text{MPa}) \approx 7 \cdot \gamma \cdot Q^{1/3}$, donde γ es la densidad de la roca en g/cm3 (Singh,1993)				
c) Rocas expansivas: actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua.				SRF
R	Presión de expansión baja			5-10
S	Presión de expansión alta			10-15

Tabla 71: Valoración de las condiciones tensionales de la roca (SRF) del índice Q (modificado de NGI, 2013).

ANEJO 4. DESCRIPCIÓN Y PLANOS DE LAS INTERVENCIONES

En la práctica totalidad de las labores mineras se ha recomendado en el apartado 9.2 algún tipo de intervención, bien sean enfocadas a disminuir el riesgo o meramente indicativas. A continuación se describen las intervenciones por elementos con los planos de situación de las mismas:

LAS GRAMAS

A pesar de ser una zona poco transitada, el camino por el que se accede a estas labores es apto para todo tipo de visitantes, por lo que fundamental contar con las medidas de seguridad en aquellos elementos mineros, principalmente hueco, que se encuentren visibles desde los caminos principales. En primer lugar debería colocarse un cartel indicativo de las labores y el peligro en el desvío de la Vueltona.

Escombreras

De las 20 escombreras inventariadas, la E8 y la E18 cuentan con un valor patrimonial alto, al encontrarse no solo muestras minerales sino fragmentos de caliza con crinoideos, lo que hace que puedan ser susceptibles de integrarse dentro de un itinerario. Por motivos de situación y dificultad de reutilización no se recomienda intervenir en las escombreras E1, E2, E3, E4, E10, E13, E14, E15, E16, E17, E19 y E20. Tampoco es recomendable, por riesgo a producir colapsos en las galerías, intervenir en E11 y E12, del resto:

-escombrera E5, relleno en Z5.

-escombrera E6, reperfilado y relleno en P5.

-escombrera E7, reperfilado y relleno en Z6.

-escombrera E9, reperfilado y relleno en Z7.

Zanjas

De las 12 zanjas inventariadas solo resulta necesario intervenir en la Z5, Z6 y Z7 por el riesgo de caídas al situarse próximas a los caminos principales. La intervención es mediante el relleno con material de sus escombreras aledañas.

Galerías

Ya se ha comentado la alternativa de las galerías G1 y G5. La G2 se encuentra en una zona alejada de los caminos, mientras que en G3, G6 y G7 se recomienda un vallado de seguridad anclado en las paredes y en G4 un vallado que englobe a P10.

Pozos

El mayor riesgo en la zona es por los numerosos pozos esparcidos, algunos de gran profundidad. Los pozos P1, P2, P3, P4, P6, P11, P12 y P13 se encuentran alejados de los caminos principales por lo que no resulta necesario intervención. En los demás pozos:

-pozos P5, relleno con E6 y vallado perimetral, con 1,5 metros de separación entre los huecos y la valla.

-pozos P7, P8 y P9, vallado perimetral, con 1,5 metros de separación entre los huecos y la valla.

-pozo P10, vallado perimetral anclado en las paredes del emboquille de G4.

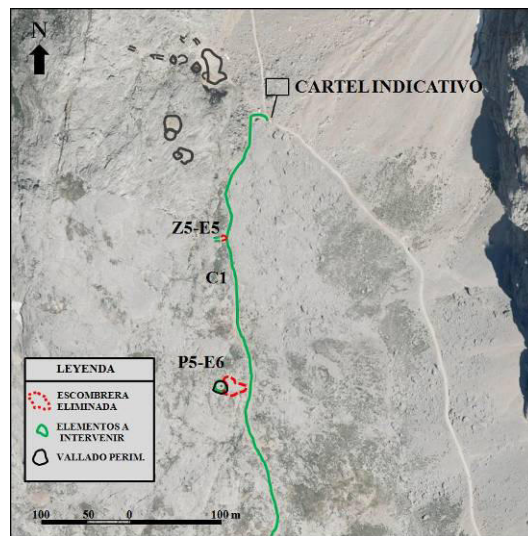


Figura 257: Intervenciones en las labores de la zona de la Vueltona y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.

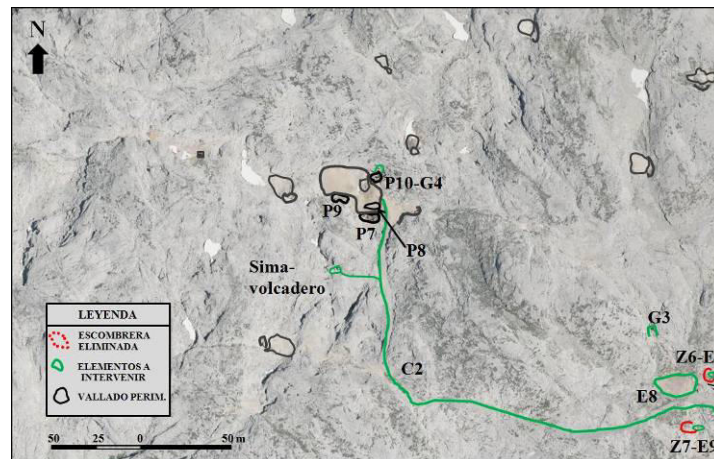


Figura 258: Intervenciones en las labores de la parte superior de Las Gramas. En gris los elementos que no se intervendrían.

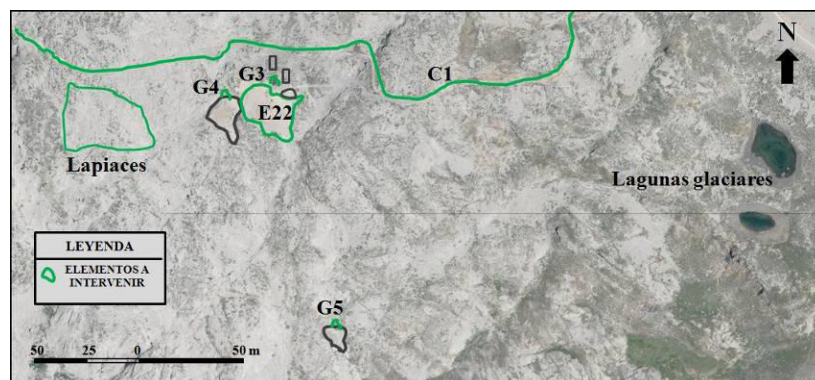


Figura 259: Intervenciones en las labores de la parte inferior de Las Gramas. En gris los elementos que no se intervendrían.

HOYO SIN TIERRA

Aunque alejada de zonas de tránsito, algunos elementos presentan una elevada peligrosidad por lo que se considera necesaria la intervención. Las edificaciones en estado ruinoso no ameritan restauración alguna. Además de un cartel indicativo en el descenso a las labores desde el collado de Fuente Escondida, los elementos a intervenir son la galería G2 con un vallado de seguridad clavado a ambos lados del emboquille y el pozo P1, mediante relleno con escombros de E1 y vallado perimetral con 1,5 metros de distancia entre el hueco y la valla.

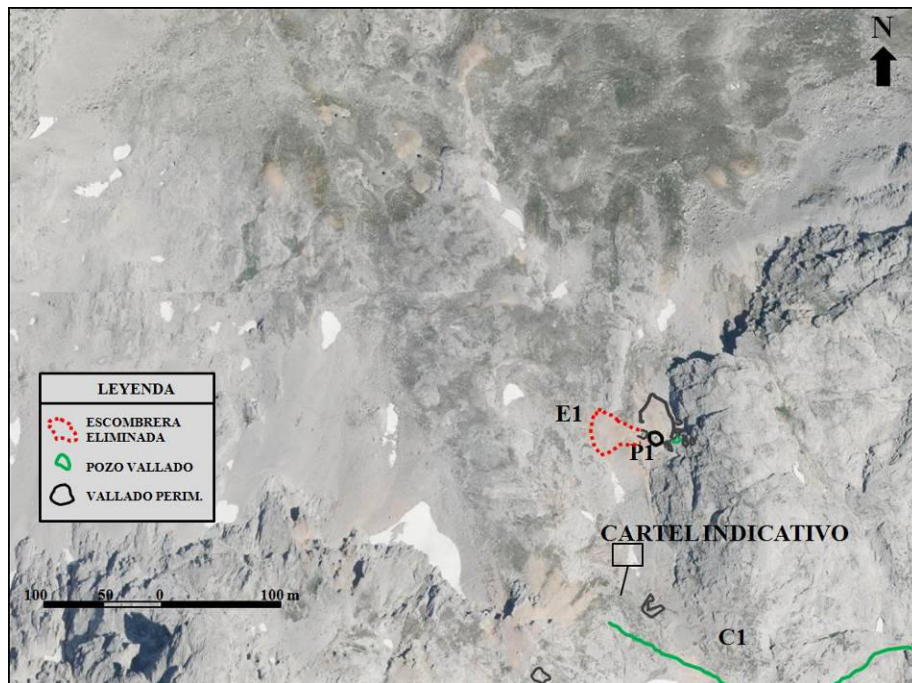


Figura 260: Intervenciones en la parte inferior de Hoyo sin Tierra y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.

ALTAIZ

Por su situación en una zona escarpada ya de por sí peligrosa y por estar alejada de los caminos principales, la única intervención que se sugiere es la colocación de un cartel indicativo al inicio de la ascensión al pico desde el collado de Fuente Escondida con el nombre de las labores y el peligro existente en la zona.

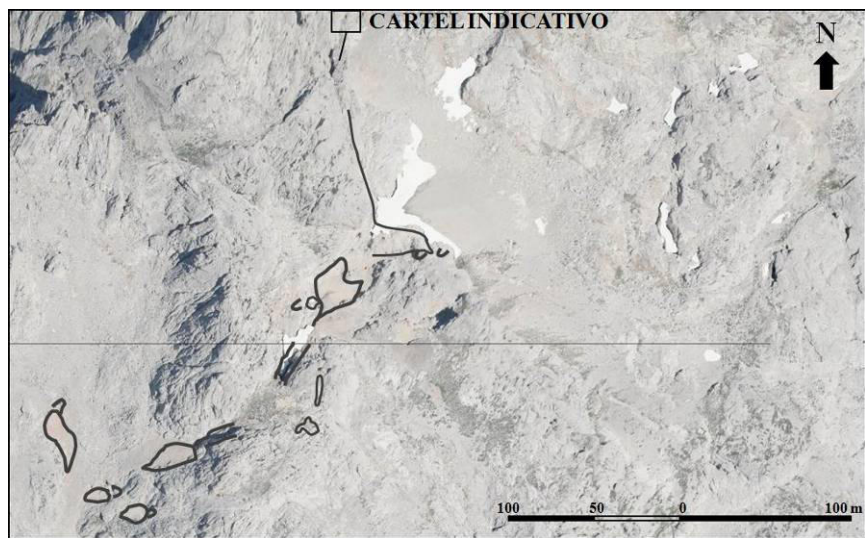


Figura 261: Intervenciones en las minas de Altaiz y situación de los carteles indicativos. En gris los elementos que no se intervendrían.

SAN LUIS

Los elementos que se localizan en estas labores presentan un riesgo bastante elevado (a excepción de la galería G1), y carecen de valor patrimonial. Los elementos con mayor riesgo son la zanja Z2 y pozo P2 (en el interior de Z2) por lo que el material de la escombrera debería utilizarse para el relleno de los mismos. Por tratarse de una zona poco transitada, no se recomienda un vallado perimetral de los huecos mineros. En el acceso desde el camino se colocará un cartel indicativo de las labores y el peligro existente.

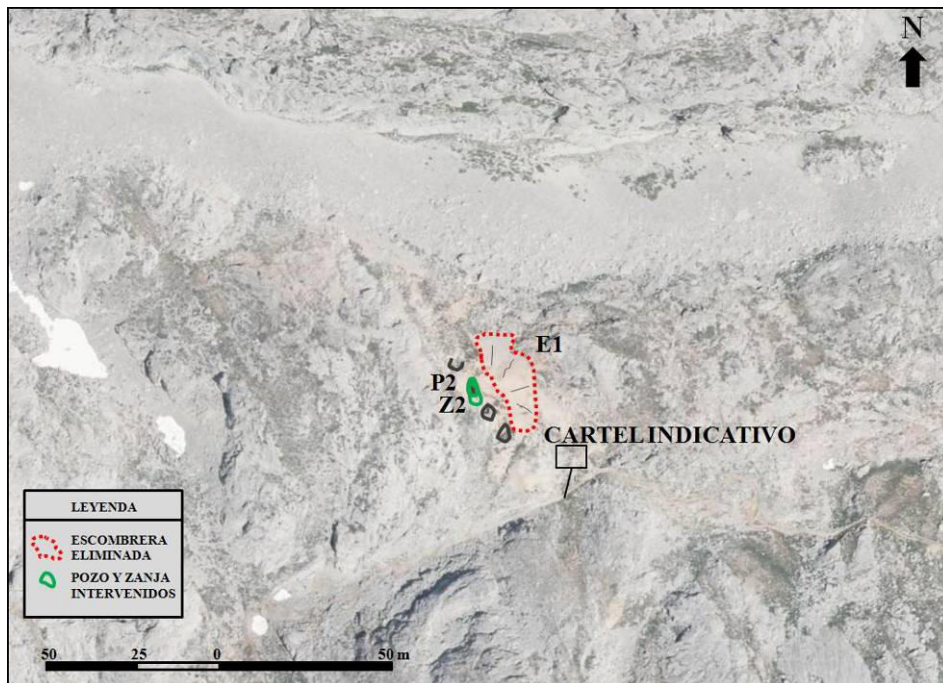


Figura 262: Intervenciones en las labores de la mina San Luis y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.

CANAL DE SAN LUIS

Estas labores no presentan un riesgo elevado a excepción de la zanja Z3. Dicha zanja tiene un acceso horizontal por el lado norte y sus paredes son estables dando acceso a dos galerías que tampoco muestran signos de inestabilidades; al tratarse de una zona poco transitada (incluso poco visibles las labores desde el camino), no se recomienda más que la colocación de un cartel indicativo de las labores y el peligro.

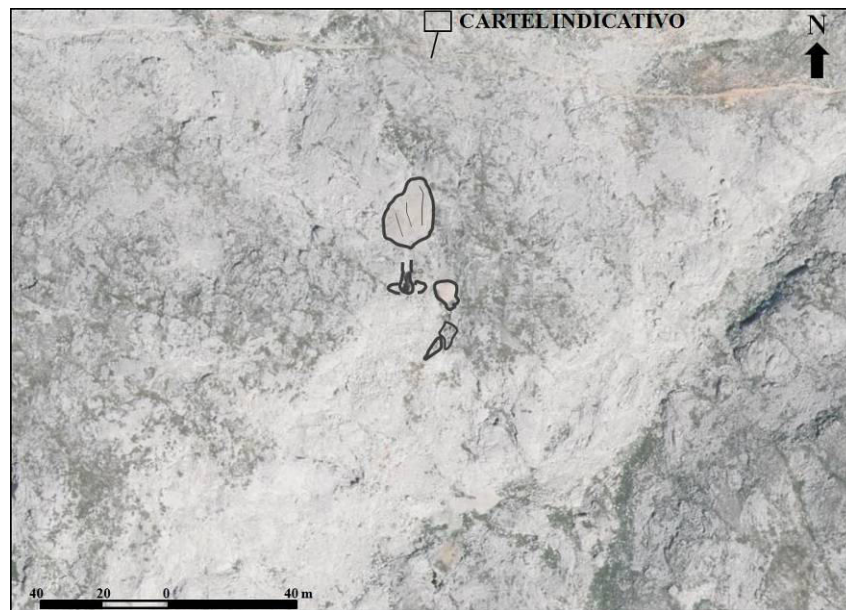


Figura 263: Intervenciones en las labores de la Canal de San Luis y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.

CANAL DEL VIDRIO

Al tratarse de una zona transitada por montañeros, no se recomienda intervenciones desde el punto de vista de la seguridad, sino más bien patrimoniales, como es la retirada de los restos de la parte superior del cable (ED3), colocación de carteles indicativos en el polvorín/refugio (ED2) y en la cabaña (ED4), así como integrar la parte inferior del cable (ED1) en un itinerario geoturístico.

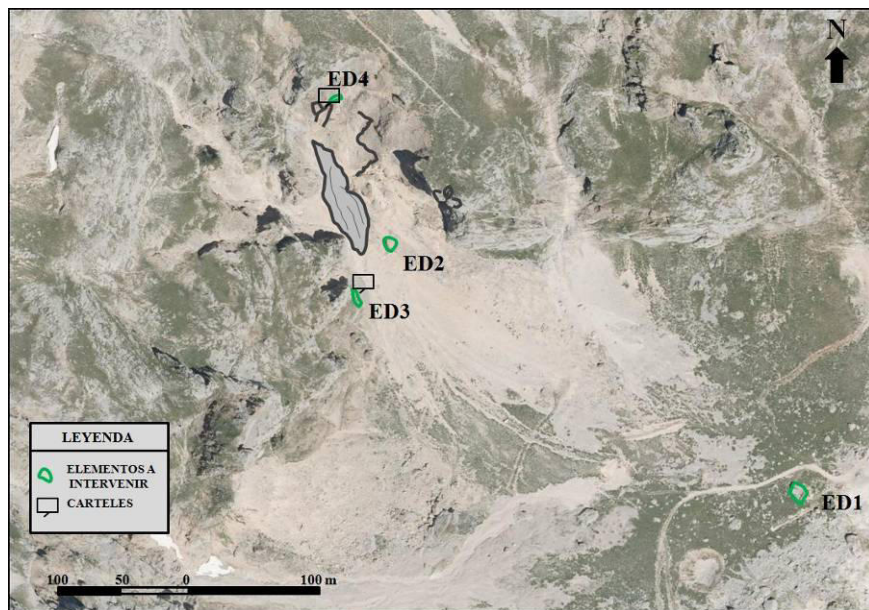


Figura 264: Intervenciones en las labores de la Canal del Vidrio. En gris los elementos que no se intervendrían.

PROVIDENCIA

Como ya se ha indicado en el capítulo 10.1, las labores presentan un gran riesgo para los visitantes, si bien, 4 de los pozos más peligrosos han sido intervenidos por el personal del Parque mediante un vallado perimetral. Los socavones no presentan un peligro significativo si bien S2 y S3 podrían tener un origen en un colapso de galerías inferiores de la mina de Las Mánforas. Los principales elementos patrimoniales son los afloramientos de calcita espática en el emboquille de la galería G9, el cual no necesita intervención ya que se sitúa sobre la galería, no siendo accesibles para los visitantes; y el recorrido de interior de la galería G6. No obstante al existir recorridos con mayor valor patrimonial, no se recomienda su habilitación para visitas.

En la Figura 265 se muestran las intervenciones, descritas a continuación:

Escombreras

De las 5 escombreras inventariadas, 2 podrían utilizarse para el relleno de pozos o zanjas, mientras que las otras 3, por su valor patrimonial o por su situación, no son aptas para el relleno:

- escombrera E1, parcialmente cubierta de finos y alejada de huecos para rellenar.
- escombrera E2, dispersa y con buenos ejemplares de esfalerita acaramelada. Valor patrimonial medio.
- escombrera E3, reperfilado y relleno de Z6.
- escombrera E4, reperfilado y relleno de G3 y G4
- escombrera E5, alejada de los huecos para rellenar.

Zanjas

De las 6 zanjas inventariadas la Z1 y Z2 se encuentran parcialmente rellenas por lo que no presentan un riesgo elevado y no se considera necesaria una intervención. Del resto:

-zanjas Z3 y Z4, vallado perimetral que incluya a ambas y con una separación de 1,5 metros entre la valla y los huecos.

-zanja Z5, vallado perimetral con una separación de 1,5 metros entre la valla y el hueco.

-zanja Z6, relleno con el material de E3.

Galerías

De las 10 galerías inventariadas, la G1 se localiza dentro de la zanja Z3 por lo que ya se encontraría intervenida. La G10 no necesita intervención al encontrarse hundida.

-galería G2, cierre mediante reja metálica.

-galerías G3 y G4, a rellenar con la escombrera E4.

-galerías G5, G6 y G7, cierre perimetral para cada una con extremos anclados en la pared.

-galerías G8 y G9, cierre perimetral que incluya a ambas con extremos anclados en la pared.

Pozos

De los 6 pozos no intervenidos, los pozos P2 y P3 se encuentran rellenos de material por lo que el riesgo es bajo. Para los otros 4 se recomienda:

-pozo P1, vallado perimetral con una separación de 1,5 metros entre la valla y el hueco.

-pozos P8 y P9, vallado perimetral que incluya a ambos elementos con una separación de 2 metros entre la valla y los huecos, por el posible riesgo de ensanchamiento por colapso de las paredes.

-pozo P10, vallado perimetral con una separación de 2 metros entre la valla y el hueco por el posible riesgo de ensanchamiento por colapso de las paredes.

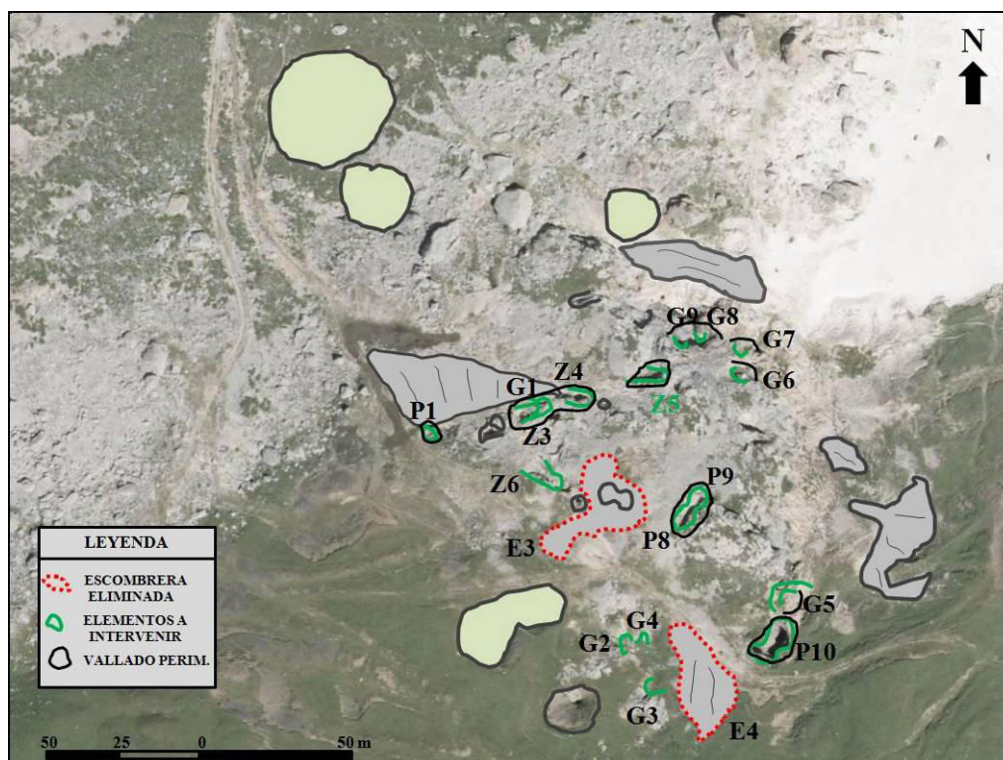


Figura 265: Intervenciones en las labores de la mina Providencia. En gris los elementos que no se intervendrían.

LAS MÁNFORAS

Las intervenciones en estas labores irían enfocadas principalmente a la puesta en valor, pudiéndose integrar tras las correspondiente restauración y consolidación los edificios ED1, ED2, ED3, ED4, ED5 y ED8 en un itinerario geoturístico, así como la plataforma con los sondeos de exploración ED11. Otra posibilidad sería la colocación de carteles indicativos en ED1 (por la mina de Las Mánforas), ED4 (viviendas) y ED8 (planta de tratamiento). Los edificios ED7, ED9 y ED10 carecen de valor patrimonial debido principalmente a su estado ruinoso. ED 6 debería demolerse y retirar al igual que la gran mayoría de los desechos esparcidos por el área. El dique de estériles debería ser estudiado para la posible eliminación parcial del mismo.

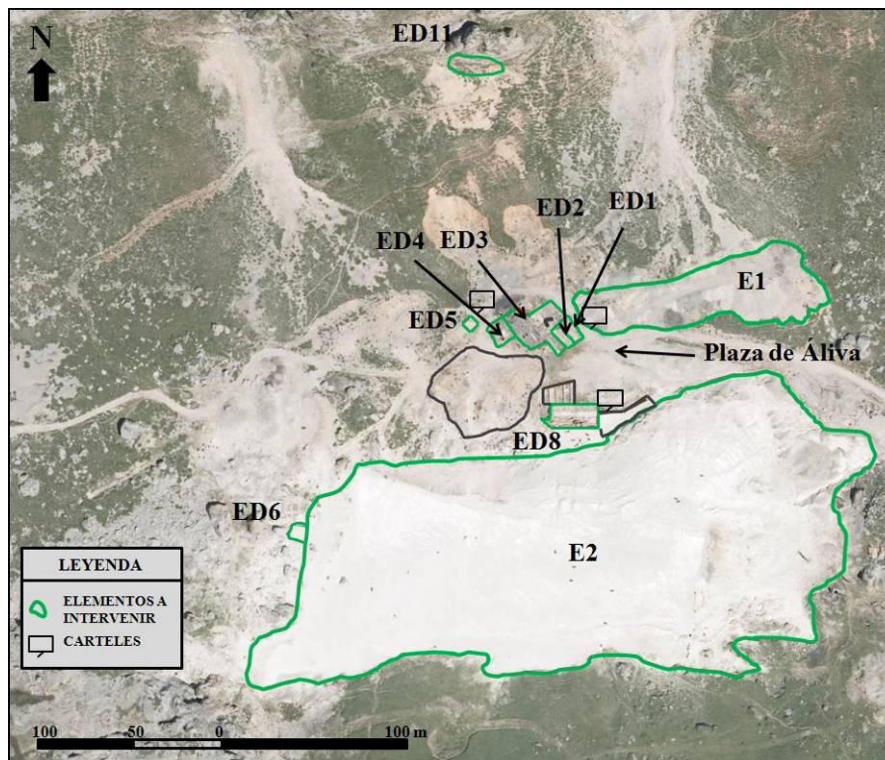


Figura 266: Intervenciones en Las Mánforas. En gris los elementos que no se intervendrían.

ZULEMA-BAT-MANOLITA

Los dos elementos a poner en valor en estas labores son la mina Almanzora (G12, G14 y G15) como posible recorrido de interior y el afloramiento de la Formación Lebeña como parada en un itinerario geoturístico o bien podría colocarse un cartel indicativo en la base del mismo. Ya existen intervenciones por parte del Parque, de las cuales se consideran correctas las realizadas en P1, P2, P3, P10, P11, P12, P18, P19, P20 y P21. No es el caso de la intervención llevada a cabo en P4 y P6 y en las galerías G6, G7, G8 y G9 cuya protección no evita el peligro de accidentes. Los elementos a intervenir pueden verse en la Figura 267.

Escombreras

Bien por situación, por riesgo de colapso o por estar en parte cubiertas por vegetación no se considera necesario realizar ningún tipo de intervención en las 16 escombreras inventariadas.

Zanjas

De las 3 zanjas inventariadas, Z1 no presenta ningún riesgo, la Z3 es una continuación del propio talud natural, siendo mayor el peligro al aproximarse por la vertiente sur. Para la Z3 se recomienda un vallado perimetral con 1,5 metros de separación entre el hueco y la valla.

Socavón

No presenta ningún riesgo S1.

Galerías

De las 17 galerías inventariadas, G11 y G13 no necesitan intervención al ser el riesgo bajo. G16 se encuentra colmatada de finos. De las restantes:

-galerías G1, G2, G3, G4, G5, G6 y G17, cierre mediante reja metálica.

-galerías G7 y G8, protección no apropiada, vallado perimetral anclado en las paredes que incluya a P6.

-galería G9, protección no apropiada, vallado perimetral anclado en las paredes.

-galería G10 y P8, vallado perimetral.

Pozos

De los 21 pozos inventariados, 11 necesitan intervención debido a que el riesgo es alto o muy alto:

-pozo P4, protección no apropiada, ampliar el vallado perimetral e incluir a P5.

-pozo P6, vallado perimetral junto a G7 y G8.

-pozo P7, vallado perimetral con Z1.

-pozo P8, vallado perimetral junto a G10.

-pozo P9 vallado perimetral anclado en Z2.

-pozos P13, P14, P15, P16, P17 vallado perimetral individual, con 2 metros de separación entre el hueco y la valla.

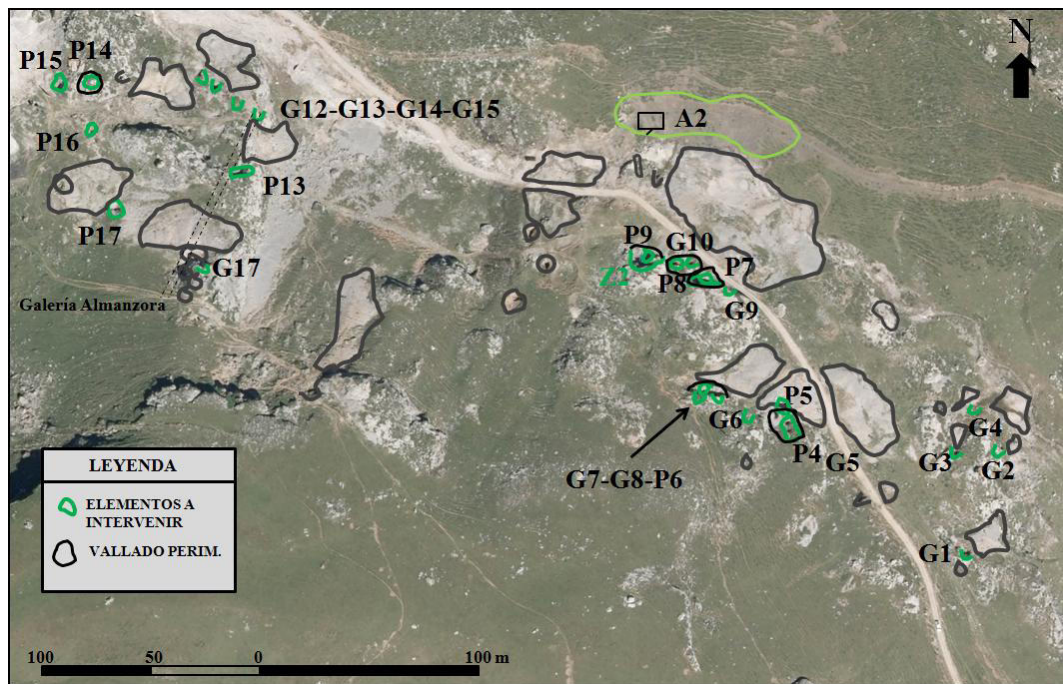


Figura 267: Intervenciones en las labores Zulema-Bat-Manolita. En gris los elementos que no se intervendrían.

INÉS

En general el riesgo de los elementos presentes en estas labores es medio, al igual que su valor patrimonial, destacando las escombreras por la abundancia de ejemplares de esfalerita y de crinoides. Por estos motivos no parece necesario llevar a cabo muchas intervenciones en estas labores, pudiéndose integrar algunos elementos dentro de algún itinerario general de la zona. Sí se considera necesaria la colocación de un cartel a la llegada de las labores puesto que es un camino diferente al principal de acceso a la mina de Las Mánforas.

Escombreras

De las 9 escombreras inventariadas, la E1 y la E9 están formadas por materiales más finos por lo que ha sido más fácil la colonización vegetal. La E2, E5 y E7 son las que tienen mayor valor patrimonial, la primera por las calizas con crinoides y las otras dos por los ejemplares de esfalerita y calcita espática. La E3, E4 y E6 tienen menor valor patrimonial pero no se

encuentran cerca de huecos a rellenar por lo que tampoco se considera necesario ninguna intervención. La única sería la E8, que podría emplearse para relleno de la zanja Z4.

Zanjas

Se han inventariado 4 zanjas, una de ellas la Z1 de valor patrimonial alto, por tener varias decenas de metros de recorrido, apreciarse bien el contacto entre las calizas y las dolomías e incluir marcas de barrenos. En la Z2 no se considera necesario ningún tipo de intervención.

-zanja Z3, vallado perimetral con 1,5 metros de separación entre el hueco y la valla.

-zanja Z4, relleno con el material de la escombrera E8.

Galerías

De las 5 galerías inventariadas sería necesaria la intervención en 3 de ellas, ya que la G1 se encuentra totalmente colapsada y la G4 parcialmente.

-galerías G2 y G3, cierre perimetral que incluya a ambas con extremos anclados en la pared.

-galería G5, incluida la intervención dentro de la zanja Z4.

Pozos

Tan solo se localizan dos pozos, uno de ellos ya intervenido de manera correcta por los técnicos del parque. En el otro (P2) sería necesario un vallado perimetral con 1,5 metros de distancia entre el hueco y la valla.

Los afloramientos no necesitan ningún tipo de intervención de seguridad ni protección. Con estas intervenciones se minimizaría el riesgo existente en las labores, principalmente el pozo P2 y la zanja Z4.

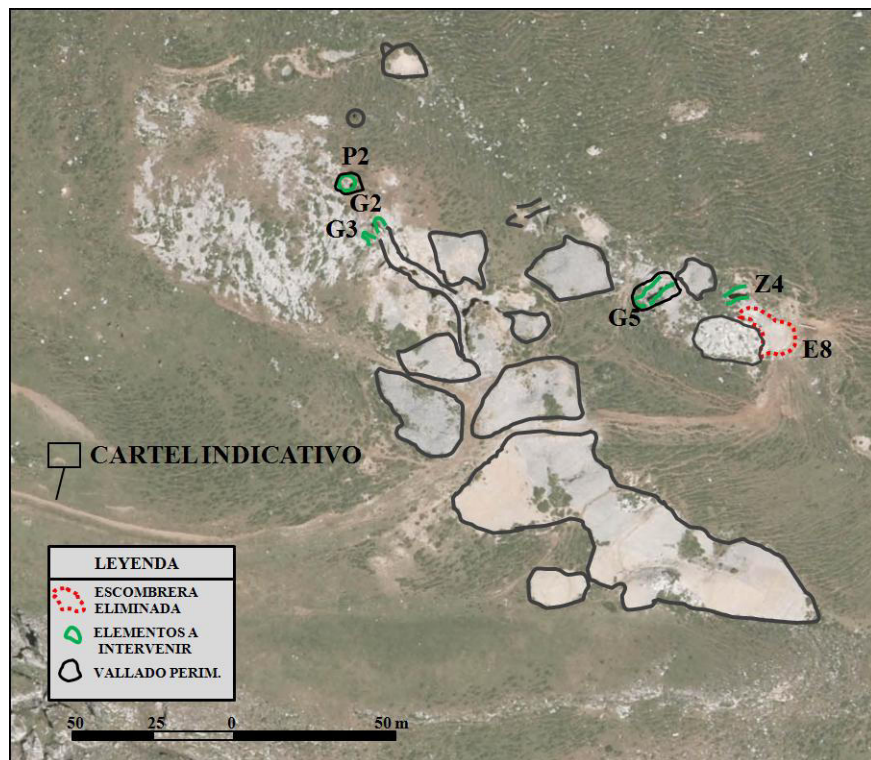


Figura 268: Intervenciones en las labores Inés y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervendrían.

ROSARIO-POQUITO

De escaso valor patrimonial, pero muy próximas al Hotel-Refugio de Áliva, las intervenciones a acometer en estas labores deben estar enfocadas principalmente en minimizar el riesgo de caídas y el impacto visual de las escombreras. Los socavones no presentan ningún riesgo para los visitantes ni para el ganado de la zona. Del resto de elementos:

Escombreras

La escombrera E4 se encuentra en parte cubierta por vegetación. Por dimensiones, pendiente y situación se considera oportuno el aprovechamiento para relleno de las siguientes escombreras:

- escombrera E1, reperfilado y relleno en pozo P1
- escombreras E2 y E3 reperfilado y relleno de zanja Z1

-escombrera E5, reperfilado y relleno de zanja Z7

-escombrera E6 y E7, reperfilado y relleno de pozos P4 y P5 y zanja Z9

-escombrera E8, reperfilado y relleno de pozo P7 y zanja Z11

Zanjas

En total se han inventariado 11 zanjas.

-zanja Z1, muy peligrosa, posible relleno con escombreras E2 y E3. Se incluiría dentro de un vallado perimetral con Z10 y G1.

-zanjas Z2, Z3, Z4 y Z5, baja peligrosidad, sin necesidad de intervención.

-zanja Z6, peligrosidad alta, pozo interior. Vallado de toda la zona.

-zanja Z7, Z8 y Z10, riesgo medio. Presencia de escombreras cercanas. Z10 se incluiría dentro de un vallado perimetral con Z1, P1 y G1.

-zanja Z9 y Z11, peligrosidad alta a muy alta. Las dos cuentan con escombreras cercanas

Galerías

Tan solo presenta un riesgo muy elevado la galería G1 de las labores Rosario, que debería ser vallada de manera urgente. El vallado incluye las zanjas Z1 y Z10.

Pozos

De los 7 pozos inventariados, el pozo P1 cuenta con una intervención reciente mediante vallado perimetral, el resto no cuentan con intervención siendo el riesgo en 5 de ellos alto o muy alto.

En el apartado de escombreras se han mencionado los pozos que serían rellenados en parte con material de escombrera. El pozo P7 podría disminuir su riesgo con dicho relleno. El pozo P6 no necesita intervención.

-pozo P2, vallado perimetral con una separación del pozo respecto a la valla de 1,5 metros.

-pozo P3, incluido dentro de Z6.

-pozos P4 y P5, vallado perimetral que incluya ambos pozos y con una separación del vallado respecto a los huecos de 1,5 metros.

Con esta intervención se eliminaría el riesgo por huecos mineros en la zona y se suprimirían las escombreras.

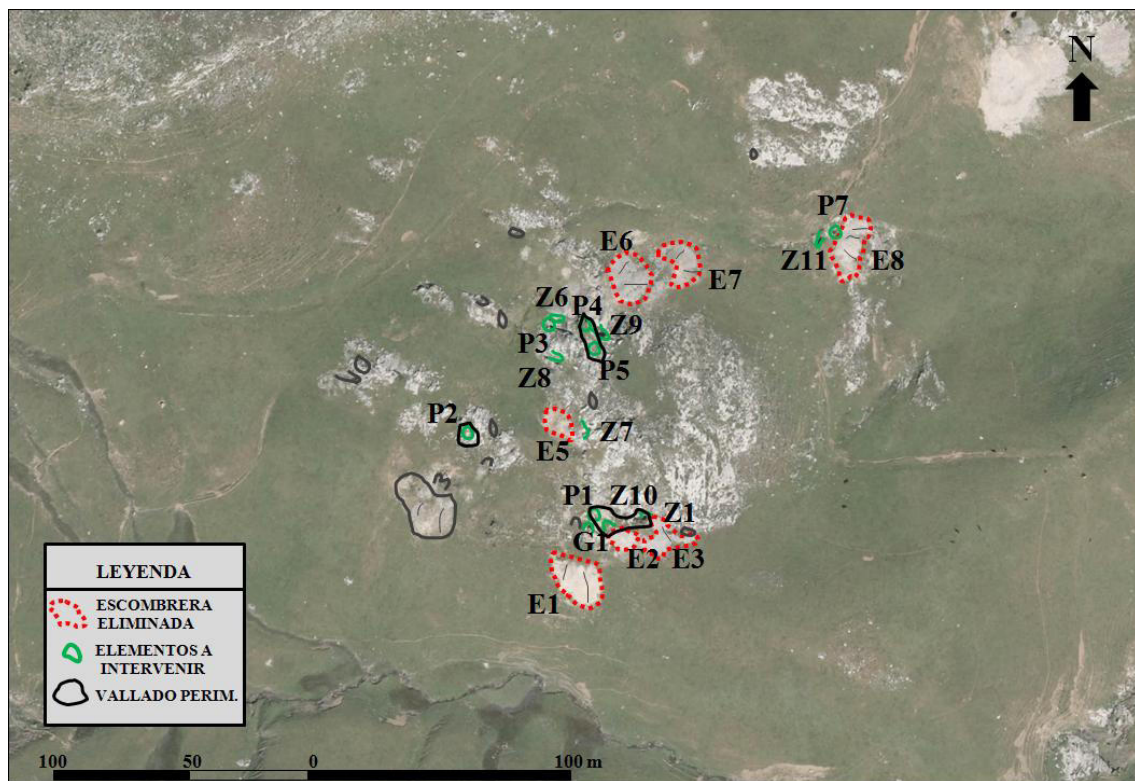


Figura 269: Intervenciones en las labores Rosario-Poquito. En gris los elementos que no se intervendrían.

BERTO-PIEMORENA

Desde el punto de vista patrimonial destaca el pozo P4, el cual, se encuentra intervenido mediante un vallado perimetral algo justo para el diámetro del mismo. Estas labores se sitúan muy próximas al Hotel-Refugio de Áliva, junto al camino que conduce a la mina de Las Mánforas, por lo que se trata de una zona con bastante afluencia de visitantes y de fácil acceso. 8 galerías, 9 pozos, de los cuales sólo 3 se encuentran vallados, siendo el resto de ellos de alta a muy alta peligrosidad; 10 socavones de baja peligrosidad, y en general en proceso de ser cubiertos por vegetación autóctona.

Las principales actuaciones a realizar serían (Figura 270):

Escombreras

En las escombreras, el riesgo existente es por lo general bajo a muy bajo, y entre las medidas a tener en cuenta, sería de gran interés su aprovechamiento para relleno de zanjas y pozos de exploración. Debido a la pequeña entidad de estas explotaciones y a falta de la exploración de algunos pozos, es poco probable que se produjesen fenómenos de colapso de galerías por introducir en ellas material de escombrera. Las escombreras E3, E4, E7 y E8, por sus escasas dimensiones no se consideran aptas para el relleno de huecos y E10 y E11 están parcialmente cubiertas por vegetación.

Por dimensiones, pendiente y situación se considera oportuno el aprovechamiento para relleno de las siguientes escombreras:

-escombreras E1 y E2, reperfilado y relleno del socavón S1

-escombreras E5, relleno en pozos P1 y P2

-escombrera E6, relleno en Z1

-escombrera E9, relleno en P6 y G2

-escombrera E12, relleno en P7

-escombrera E13, reperfilado y relleno de galerías G3, G4, G5, G6, G7 y G8.

-escombrera E14, reperfilado y relleno de la zanja Z2

-escombrera E15, reperfilado y relleno en G8

Zanjas

-zanja 1, riesgo alto. Relleno con E6

-zanja 2, riesgo medio-bajo. Posible relleno con E14

Galerías

De las 8 galerías inventariadas, la G1, G3 y G8 presentan un riesgo alto, y solo cierto interés patrimonial. Por motivos de seguridad se recomienda el cierre de todas las galerías.

-galería G1, vallado perimetral de la zona, con una separación de 1,5 metros del hueco con la valla.

-galería G2, relleno con E9

-galerías G3, G4, G5, G6 y G7, relleno con E13

-galería G8, relleno con E15

Pozos

De los 9 pozos inventariados, ya cuentan con algún tipo de intervención 3 de ellos, siendo la valoración de dicha intervención como regular, al considerar, por un lado, que en uno de ellos no se evita el riesgo de caídas para visitantes y P4 podría agrandarse afectando al vallado actual; la mejor alternativa es un vallado que englobe a los pozos P4 y P5 con una separación de al menos 2 metros entre los huecos y la valla. Los pozos P1, P2, P6 y P7 podrían rellenarse con

material de escombreras como se ha mencionado anteriormente. P8 y P9 deberían cerrarse con un vallado perimetral que incluya a ambos, con 1,5 metros de separación entre los huecos y la valla. El pozo P4 por su valor patrimonial, puede ser incluido en un itinerario general por la zona.

Socavones

Se han contabilizado un total de 10 socavones, casi todos cubiertos en parte por vegetación por lo que no se considera a priori necesaria una intervención. El socavón S1 para relleno de las escombreras E1 y E2. S7 está dentro de Z1 por lo que las medidas para la zanja incluyen este elemento.

El riesgo desaparecería casi en su totalidad y se reduciría en 80 % el volumen de las escombreras.

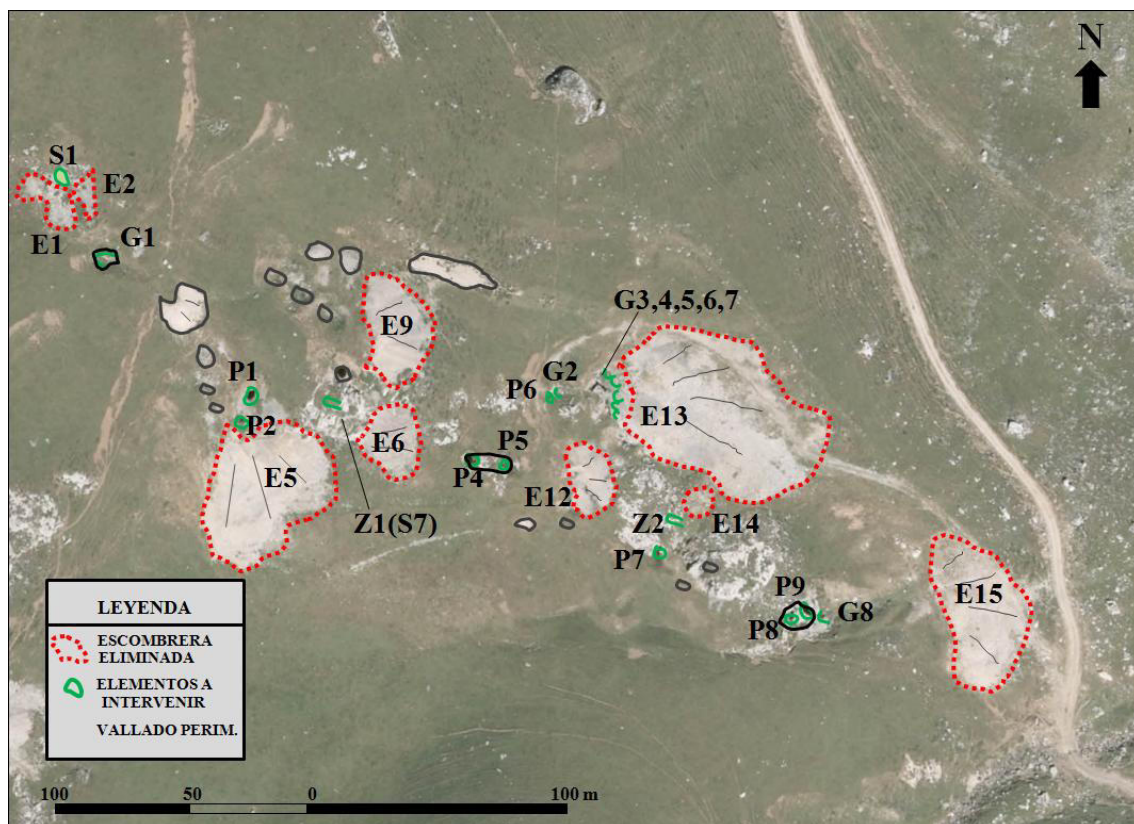


Figura 270: Intervenciones en las labores Berto-Pioren. En gris los elementos que no se intervendrían.

HORCADINA DE COVARROBRES

A pesar de estar en una zona muy transitada, el grupo minero de Horcadina de Covarrobres no presenta un riesgo muy elevado, dado que la mayoría de las labores son galerías y no existen en la zona pozos. Los principales elementos desde el punto de vista patrimonial son las galerías G18, G19 y G20 que forman un recorrido interior caracterizado por una cámara y algunos ramales de galerías. De igual manera las escombreras E6, E12, E13 y E24 tienen un valor patrimonial medio ya que contienen acopios de calaminas, por lo que no deberían intervenir. Las edificaciones por su estado ruinoso, es difícilmente reconocible su utilidad por lo que su valor patrimonial es bajo y no se considera necesaria una intervención. En el collado debería colocarse un cartel indicativo del peligro y el nombre del grupo minero. Intervenciones a realizar (Figura 271):

Escombreras

De las 27 escombreras inventariadas, además de las 4 ya mencionadas con patrimonio, no resulta práctico el aprovechamiento como relleno por su situación la E1, E2, E5, E6, E9, E12, E13, E19 y E24. Del resto:

-escombrera E3, relleno en G3

-escombrera E4, relleno en G4

-escombrera E7, relleno en Z1

-escombrera E8, relleno en G7

-escombrera E10, relleno en Z9

-escombrera E11, relleno en G10

-escombrera E14, relleno en G13

-escombrera E15, relleno en Z2

-escombrera E16, relleno en Z3

-escombrera E17, relleno en Z4

-escombrera E18, relleno en Z5

-escombrera E20, relleno en G15

-escombrera E21, relleno en Z6

-escombrera E22, relleno en G16

-escombrera E23, relleno en G17

-escombrera E25, relleno en Z7

-escombrera E26, relleno en G21

-escombrera E27, relleno en G22

Zanjas

Ninguna zanja posee un valor patrimonial destacable pero si cierto riesgo, por lo que deberían cerrarse mediante material de escombros como se ha indicado en el capítulo de escombreras.

Galerías

Además de las galerías con valor patrimonial alto, las galerías G5, G11, G12 y G14 presentan poco riesgo, por lo que no es necesaria una intervención. Mediante cierre perimetral anclado en las paredes deberían cerrarse las galerías G1, G2, G6, G8 y G9. Mediante relleno con escombros las galerías G3, G4, G7, G10, G13, G15, G16, G17, G21, G22 y G23.

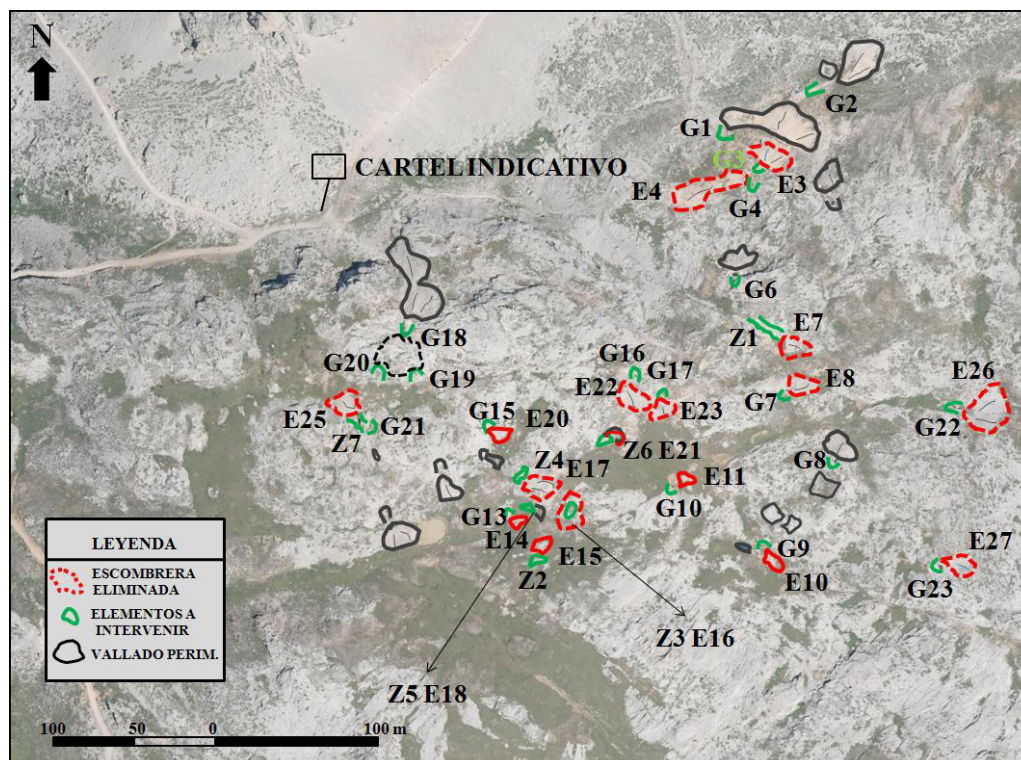


Figura 271: Intervenciones en las labores del grupo minero de Horcadina de Covarrobres y situación del cartel indicativo. En gris los elementos que no se intervenirían.

ANEJO 5. LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Del inventario de lugares de interés geológico realizado por el IGME, en base a la Ley 42/2007, siete lugares de interés geológico están dentro del área de estudio. Dos de ellos, el 56004 y el TMP103 se incluyen dentro de la propuesta de declaración del sector minero de Áliva como Lugar de Interés Geológico Minero (LIGM). A continuación se enumeran los siete lugares de interés geológico (LIG's) y se adjuntan sus fichas correspondientes:

- 81004. Complejo glaciar de Fuente Dé-Pido
- TMP095. Complejo glaciar de Lloroza
- TMP102. Taludes y conos de derrubios de La Vueltona
- TMP092. Morfoestructura cabalgante de pico Peña Vieja
- TMP103. Gonfolitas del Duje
- 56004. Circos y morrenas de Áliva (morrena de la Lomba)
- TMP107. Yacimiento de Zn-Pb de Áliva

29/7/2015

info/gme/es/elig/LIGInfo.aspx?codigo=81004



Inventario de LIGs: 81004

- DATOS GENERALES DEL LIG
- LOCALIZACIÓN
- FISIOGRAFÍA
- SITUACIÓN GEOLÓGICA
- INTERÉS
- USO Y SEGUIMIENTO
- VISITAS
- DOCUMENTACIÓN
- AUTORES
- ROCAS SEDIMENTARIAS
- DEFORMACIÓN
- GEOMORFOLOGÍA
- HIDROGEOLOGÍA
- YACIMIENTOS E INDICIOS MINERALES

ARRIBA

Datos generales

Código LIG :	81004.
Denominación :	Complejo glaciar de Fuente Dé - Pido.
Descripción :	EL CIRCO GLACIAL DE FUENTE DÉ ES UNA AMPLIA ESTRUCTURA, EXCAVADA EN EL FRENTÉ CABALGANTE DE LOS PICOS DE EUROPA. LAS PAREDES DEL CIRCO ESTÁN FORMADAS POR LA CALIZA DE MONTAÑA Y LA CALIZA DE PICOS DE EUROPA, EN UN IMPRESIONANTE FARALLÓN VERTICAL DE VARIOS CENTENARES DE METROS DE ALTURA. LA BASE DEL CIRCO SE SITÚA EN LA DEPRESIÓN DE FUENTE DÉ Y SE ABRE HACIA LAS PIZARRAS CARBONÍFERAS. ESTA DISPOSICIÓN SE PRODUCE COMO CONSECUENCIA DE UN CONTROL LITOLÓGICO Y ESTRUCTURAL SOBRE LA EROSIÓN GLACIAL. ACTUALMENTE EL MODELADO GLACIAL SE ENCUENTRA INTENSAMENTE RETOCADO POR PROCESOS CÁRSTICOS (DOLOMÍAS, JOUS, LAPIACES, ETC...) Y FLUVIALES. EL FENÓMENO DE FORMAS CÁRSTICAS MÁS ESPECTACULARES ES PROBABLEMENTE LA SURGENCIA CÁRSTICA DEL RÍO DEVA. LAS EXCELENTES CONDICIONES DE ACCESO, QUE INCLUYEN UN TELEFÉRICO, QUE SALVA LA PARED NORTE DEL CIRCO GLACIAL Y LA CALIDAD Y ABUNDANCIA DE INSTALACIONES HOTELERAS ENTRE LAS QUE SE INCLUYEN VARIAS DE ORGANISMOS OFICIALES, HAN POTENCIADO LA UTILIZACIÓN TURÍSTICA TRANSFORMANDO A ESTE PUNTO EN UNO DE LOS MÁS IMPORTANTES ACCESOS A LOS PICOS DE EUROPA.
Origen LIG :	Inventario Nacional de PIG (IGME)
Fecha de creación de la ficha :	31/12/1981
Confidencialidad :	Público.

ARRIBA

Localización

X (UTM ED50) : 352800.					
Y (UTM ED50) : 4779080.					
Huso : 30.					
X (UTM ETRS89) : 352692.					
Y (UTM ETRS89) : 4778875.					
Huso : 30.					
Hojas 1:50.000 :		Nombre	Numero	Hoja 1:200,000	
		POTES	81	10 - MIERES	
Paraje : FUENTE DE,					
Municipios :		Núcleo	Municipio	Provincia	CCAA
			CAMALEÑO	Cantabria	Cantabria

ARRIBA

Fisiografía

Cota máxima :	1420 m.
Cota mínima :	960 m.

ARRIBA

Situación geológica

Dominio geológico (GEODE) :	Zona Cantábrica.
Unidad geotectónica 2º orden :	COMPLEJO CARBONÍFERO.
Unidad geológica Ley 42/2007 :	Depósitos, suelos edáficos y formas de modelado singulares representativos de la acción del clima.
Edad rasgo inferior :	Cuaternario.

http://info/gme/es/elig/LIGInfo.aspx?codigo=81004

1/3

28/7/2015

Info/gme.es/le/g/LGInfo.aspx?codigo=TMP095



Inventario de LIGs: TMP095

- DATOS GENERALES DEL LIG
- LOCALIZACIÓN
- SITUACIÓN GEOLÓGICA
- INTERÉS

[ARRIBA](#)

Datos generales

Código LIG :	TMP095.
Denominación :	Complejo glaciar de Lloroza .
Descripción :	Conjunto de morrenas glaciares con lagos estacionales, [o cua] no es frecuente en Picos, glaciar rocoso relicto (el único en Picos de Europa) y procesos kársticos, También tajudes de derrubios semifuncionales,
Origen LIG :	Proyecto INDICAGEOPARC
Fecha de creación de la ficha :	31/12/2014
Confidencialidad :	Público.

[ARRIBA](#)

Localización

X (UTM ED50) :	352650.
Y (UTM ED50) :	4780449.
Huso :	30.
X (UTM ETRS89) :	352542.
Y (UTM ETRS89) :	4780244.
Huso :	30.
Hojas 1:50.000 :	Nombre Numero Hoja 1:200,000
	POTES 81 10 - MIERES
Municipios :	Núcleo Municipio Provincia CCAA
	CAMALEÑO Cantabria Cantabria

[ARRIBA](#)

Situación geológica

Unidad geológica Ley 42/2007 :	Depósitos, suelos edáficos y formas de modelado singulares representativos de la acción del clima.
---------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

[ARRIBA](#)

Interés

Geológico principal :	Geomorfológico.
------------------------------	-----------------

29/7/2015

info/gme.es/le/g/LIGInfo.aspx?codigo=TMP092



Imprimir

Inventario de LIGs: TMP092

- > Datos generales del LIG
- > Localización
- > Situación geológica
- > Interés

ARRISA

Datos generales

Código LIG :	TMP092.
Denominación :	Morfoestructura cabalgante de pico Peña Vieja.
Descripción :	Escama tectónica o klippe constituida por dos frentes cabalgantes de las calizas de montaña con desconexión del resto de la estructura (Picos de Santa Ana). Presenta un gran atractivo paisajístico con disimetría por el buzamiento. Además existen procesos muy intensos de alta montaña (periglaciación, de ladera y nivales).
Origen LIG :	Proyecto INDICAGEOPARC
Fecha de creación de la ficha :	31/12/2014
Confidencialidad :	Público.

ARRISA

Localización

X (UTM ED50) : 353020.				
Y (UTM ED50) : 4781909.				
Huso : 30.				
X (UTM ETRS89) : 352912.				
Y (UTM ETRS89) : 4781704.				
Huso : 30.				
Hojas 1:50.000 :				
Nombre		Numero	Hoja 1:200.000	
CAREÑA-CABRALES		56	10 - MIERES	
Municipios :				
Núcleo	Municipio	Provincia	CCAA	
	CAMALEÑO	Cantabria	Cantabria	

ARRISA

Situación geológica

Contexto Ley 42/2007 :	El Carbonífero de la Zona Cantábrica.
Unidad geológica Ley 42/2007 :	Estructuras y formaciones del Orógeno Varisco en el Macizo Ibérico.

ARRISA

Interés

Geológico principal :	Tectónico.
------------------------------	------------

29/7/2015

info/gme,es/le/g/LGInfo.aspx?codigo=TMP102



Inventario de LIGs: TMP102

- > DATOS GENERALES DEL LIG
- > LOCALIZACIÓN
- > SITUACIÓN GEOLÓGICA
- > INTERÉS

ARRIBA

Datos generales

Código LIG :	TMP102.
Denominación :	Taludes y conos de derrubios de La Vueltona .
Descripción :	Uno de los mejores ejemplos de taludes y conos de derrubios, tanto por su tamaño como por su complejidad,
Origen LIG :	Proyecto INDICAGEOPARC
Fecha de creación de la ficha :	31/12/2014
Confidencialidad :	Público.

ARRIBA

Localización

X (UTM ED50) : 352587.			
Y (UTM ED50) : 4781522.			
Huso : 30,			
X (UTM ETRS89) : 352479.			
Y (UTM ETRS89) : 4781317.			
Huso : 30,			
Hojas 1:50.000 :			
	Nombre	Numero	Hoja 1:200,000
	CAREÑA-CABRALES	56	10 - MIERES
Municipios :			
Núcleo	Municipio	Provincia	CCAA
	CAMALEÑO	Cantabria	Cantabria

ARRIBA

Situación geológica

Unidad geológica Ley 42/2007 :	Depósitos, suelos edáficos y formas de modelado singulares representativos de la acción del clima.
---------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

ARRIBA

Interes

Geológico principal :	Geomorfológico,
------------------------------	-----------------

28/7/2015

info/gme/es/elig/LIGInfo.aspx?codigo=56004



Inventario de LIGs: 56004

- DATOS GENERALES DEL LIG
- LOCALIZACIÓN
- FISIOGRAFÍA
- SITUACIÓN GEOLÓGICA
- INTERÉS
- USO Y SEGUIMIENTO
- VISTAS
- DOCUMENTACIÓN
- AUTORES
- ROCAS SEDIMENTARIAS
- DEFORMACIÓN
- GEOMORFOLOGÍA
- HIDROGEOLOGÍA
- YACIMIENTOS E INDICIOS MINERALES

ARRIBA

Datos generales

Código LIG :	56004.
Denominación :	Círcos y morrenas de Áliva (morrena de la Lomba).
Descripción :	DENTRO DE UN IMPRESIONANTE PAISAJE CALCÁREO, EN EL CENTRO DE LOS PICOS DE EUROPA, EL RÍO DUJE NACE EN LA BASE DE PEÑA VIEJA, DISCURIENDO EN LA PRIMERA PARTE DE SU RECORRIDO POR UN ANTIGUO VALLE GLACIAL. ADEMÁS DE LA FORMA CARACTERÍSTICA DEL VALLE, EL TESTIGO MÁS EVIDENTE DE LA ACTIVIDAD GLACIAL EN ESTA ZONA ES UNA MORRENA CENTRAL DE GRANDES DIMENSIONES, QUE SE ALARGA EN DIRECCIÓN SW - NE, SEPARANDO EL VALLE DE DUJE Y CAMPO MAYOR. ESTA MORRENA, INCLUYE ABUNDANTES BLOQUES ERRÁTICOS ALGUNOS DE LOS CUALES ALCANZAN ESPECTACULARES DIMENSIONES. ACTUALMENTE CONTINÚA LA EVOLUCIÓN DE PROCESOS CÁRSTICOS Y PERIGLACIALES QUE EN GRAN PARTE ESTÁN RETOCANDO LA MORFOLOGÍA GLACIAL ORIGINAL. SE PUEDEN DESTACAR POR EJEMPLO LAS DOLINAS, JOUS Y LAPIACES EN LAS CALIZAS, LOS CRIOCANCHALES, EN GRAN PARTE CEMENTADOS Y CARSTIFICADOS Y LOS PROCESOS DE SOLIFLUXIÓN Y CRIOTURBACIÓN. EL ACCESO AL PUNTO SE REALIZA TANTO POR EL TELEFÉRICO DE FUENTE DÉ COMO POR LA PISTA QUE LLEVA A LAS MINAS DE BLENDA Y GALENA DE ALIVA DE LAS QUE SE PUEDE EXTRAER EXCELENTE EJEMPLARES DE BLENDA ACARAMELADA, CUENTA ESTE PUNTO, ADEMÁS DE LAS INSTALACIONES HOTELERAS DE FUENTE DÉ CON EL REFUGIO NACIONAL DE ALIVA. (ANTIGUO REFUGIO REAL DE CAZA).
Origen LIG :	Inventario Nacional de PIG (IGME)
Fecha de creación de la ficha :	31/12/1981
Confidencialidad :	Público.

ARRIBA

Localización

X (UTM ED50) : 355565,				
Y (UTM ED50) : 4781440,				
Huso : 30,				
X (UTM ETRS89) : 355457,				
Y (UTM ETRS89) : 4781235,				
Huso : 30,				
Hojas 1:50,000 :	Nombre	Numero	Hoja 1:200,000	
	CAREÑA-CABRALES	56	10 - MIERES	
Paraje : ALIVA,				
Municipios :	Núcleo	Municipio	Provincia	CCAA
		CAMALEÑO	Cantabria	Cantabria

ARRIBA

Fisiografía

Cota máxima :	2613 m.
Cota mínima :	1300 m.

ARRIBA

Situación geológica

Dominio geológico (GEODE) :	Zona Cantábrica.
Unidad geotectónica 2º orden :	CALIZAS.
Unidad geológica Ley 42/2007 :	Depósitos, suelos edáficos y formas de modelado singulares representativos de la

http://info/gme/es/elig/LIGInfo.aspx?codigo=56004

1/3

29/7/2015

info/gme.es/le/g/LGInfo.aspx?codigo=TMP103



Imprimir

Inventario de LIGs: TMP103

- > DATOS GENERALES DEL LIG
- > LOCALIZACIÓN
- > SITUACIÓN GEOLÓGICA
- > INTERÉS

ARRIBA

Datos generales

Código LIG :	TMP103.
Denominación :	Gonfolitas del Duje.
Descripción :	Derrubios ordenados cementados, característicos de las laderas de Picos de Europa, que fueron denominados así por Obermaier en 1914. Se originaron en época preglaciaria.
Origen LIG :	Proyecto INDICAGEOPARC
Fecha de creación de la ficha :	31/12/2014
Confidencialidad :	Público.

ARRIBA

Localización

X (UTM ED50) : 354280.			
Y (UTM ED50) : 4781739.			
Huso : 30.			
X (UTM ETRS89) : 354172.			
Y (UTM ETRS89) : 4781534.			
Huso : 30.			
Hojas 1:50.000 :			
Nombre		Numero	Hoja 1:200,000
CAREÑA-CABRALES		56	10 - MIERES
Municipios :			
Núcleo	Municipio	Provincia	CCAA
	CAMALEÑO	Cantabria	Cantabria

ARRIBA

Situación geológica

Unidad geológica Ley 42/2007 :	Depósitos, suelos edáficos y formas de modelado singulares representativos de la acción del clima.
---------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

ARRIBA

Interés

Geológico principal :	Geomorfológico.
------------------------------	-----------------

29/7/2015

info/gme/es/lelg/LIGInfo.aspx?codigo=TMP107



Inventario de LIGs: TMP107

- DATOS GENERALES DEL LIG
- LOCALIZACIÓN
- SITUACIÓN GEOLÓGICA
- INTERÉS

ARRIBA

Datos generales

Código LIG :	TMP107.
Denominación :	Yacimientos de Zn-Pb de Áliva.
Descripción :	Mineralización de blenda y galena, con leyes medias de 12% en Zn y 0,8% en Pb, desarrollada en cavidades cársticas asociadas a fractura N-120º y escamas intraformacionales con relleno de calcita, dolomita y sulfuros dispuestas aisladamente. Entre los minerales accesorios aparecen además, calcopirita y smithsonita. La explotación se llevó a cabo desde mediados del s. XIX, para calaminas inicialmente, y posteriormente para blenda y galena. Explotada por medio de un transversal de acceso y dos pozos verticales que comunican con 5 plantas interiores a cotas descendentes.
Origen LIG :	Proyecto INDICAGEOPARC
Fecha de creación de la ficha :	31/12/2014
Confidencialidad :	Público.

ARRIBA

Localización

X (UTM ED50) :	354250.
Y (UTM ED50) :	4782279.
Huso :	30.
X (UTM ETRS89) :	354142.
Y (UTM ETRS89) :	4782074.
Huso :	30.
Hojas 1:50,000 :	Nombre CAREÑA-CABRALES
	Numero 56
	Hoja 1:200,000 10 - MIERES
Municipios :	Núcleo CAMALEÑO
	Municipio Cantabria
	Provincia Cantabria
	CCAA Cantabria

ARRIBA

Situación geológica

Contexto Ley 42/2007 :	El Carbonífero de la Zona Cantábrica.
Unidad geológica Ley 42/2007 :	Estructuras y formaciones del Orógeno Varisco en el Macizo Ibérico.

ARRIBA

Interés

Geológico principal :	Minero-metalogenético.
------------------------------	------------------------

ANEJO 6. ACTAS DE LABORATORIO

Con las muestras de finos procedentes del dique de estériles de la mina de Las Mánforas se realizaron una serie de análisis de laboratorio, con el objetivo de hacer una primera valoración del tamaño de grano y composición de los materiales que lo conforman. Los ensayos realizados fueron:

- Análisis granulométrico por tamizado (8 fracciones). (PTE-MI-001 Ed 0).
- Difracción de rayos X- método de polvo cristalino (PTE-RX-004).
- Determinación de elementos traza (excepto mercurio) en muestras sólidas. Por ICP-AES.
- Determinación de elementos traza (excepto mercurio) en muestras sólidas. Por ICP-MS.

A continuación se adjuntan las actas del laboratorio.



LABORATORIO DEL IGME

C/ LA CALERA, 1. 28760 -TRES CANTOS (MADRID) Tf. 91 7286166. FAX 91 7286150

Correo electrónico: b.delmoral@igme.es

INFORME DE LABORATORIO 14/0046	Hoja 1 de 2
Solicitante: Loreto Fernández Ruiz Instituto Geológico y Minero de España Centro Coste: 73.300.450 Correo electrónico: ml.fernandez@igme.es Teléfono: 91 349 5849 Fax: 91 349 5742 (ÁREA)	
Fecha recepción: 06/02/2014 Fecha/s de ensayo: 19/03-22/04/2014	
Muestreo: A cargo del solicitante	
Procedimientos de ensayo: Análisis granulométrico por tamizado (8 fracciones). (PTE-MI-001 Ed 0) Difracción de rayos X - método del polvo cristalino (PTE-RX-004): Medida en equipo XPERT PRO MPD de PANalytical: tubo de cobre (40mA; 40kV), monocromador de grafito y rendija automática. Software de captación de datos X'Pert Data Collector 2.1.a (PANalytical). Se ha utilizado el software HighScore versión 3.0.4 (PANalytical) y las bases de Datos PDF-2 (ICDD) y COD January 2012 para el posterior análisis e interpretación de los datos obtenidos. Determinación de elementos traza (excepto mercurio) en muestras sólidas. Por ICP-AES. Digestión de la muestra con HF HNO3 y HClO4 concentrados hasta sequedad y disolución del residuo con ClH 10%. Determinación por ICP-AES con equipo Varian Vista-MPX. Determinación de elementos traza (excepto mercurio) en muestras sólidas. Por ICP-MS. Digestión triácida a sequedad con los ácidos fluorhídrico, nítrico y perclórico previamente destilados a subebullición (o calidad similar). Medida en equipo Agilent 7500 ce	
Observaciones: Se adjuntan diagramas de DRX con interpretación de fases (1)	
Coordinado por:   Fdo: Begoña del Moral González	
Fecha: 23/04/2012	

Los resultados expuestos afectan en exclusiva a las muestras sometidas a ensayo. Este informe no podrá reproducirse, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Laboratorio. Las muestras quedarán a disposición del solicitante durante un período de tres meses siguientes a la emisión y entrega de este informe, a partir de los cuales podrán ser eliminadas.

SEDE CENTRAL:
 Ricos Rosas, 23
 28003 MADRID
 Teléfono 91 349 5700
 Fax 91 442 6216



INFORME DE LABORATORIO 14/0046

Hoja 2 de 2

REFERENCIA DE LA MUESTRAS

REFERENCIA CLIENTE	REFERENCIA LABORATORIO
Áliva	4768-01

ANÁLISIS CUALITATIVO MEDIANTE DIFRACCIÓN DE RAYOS X

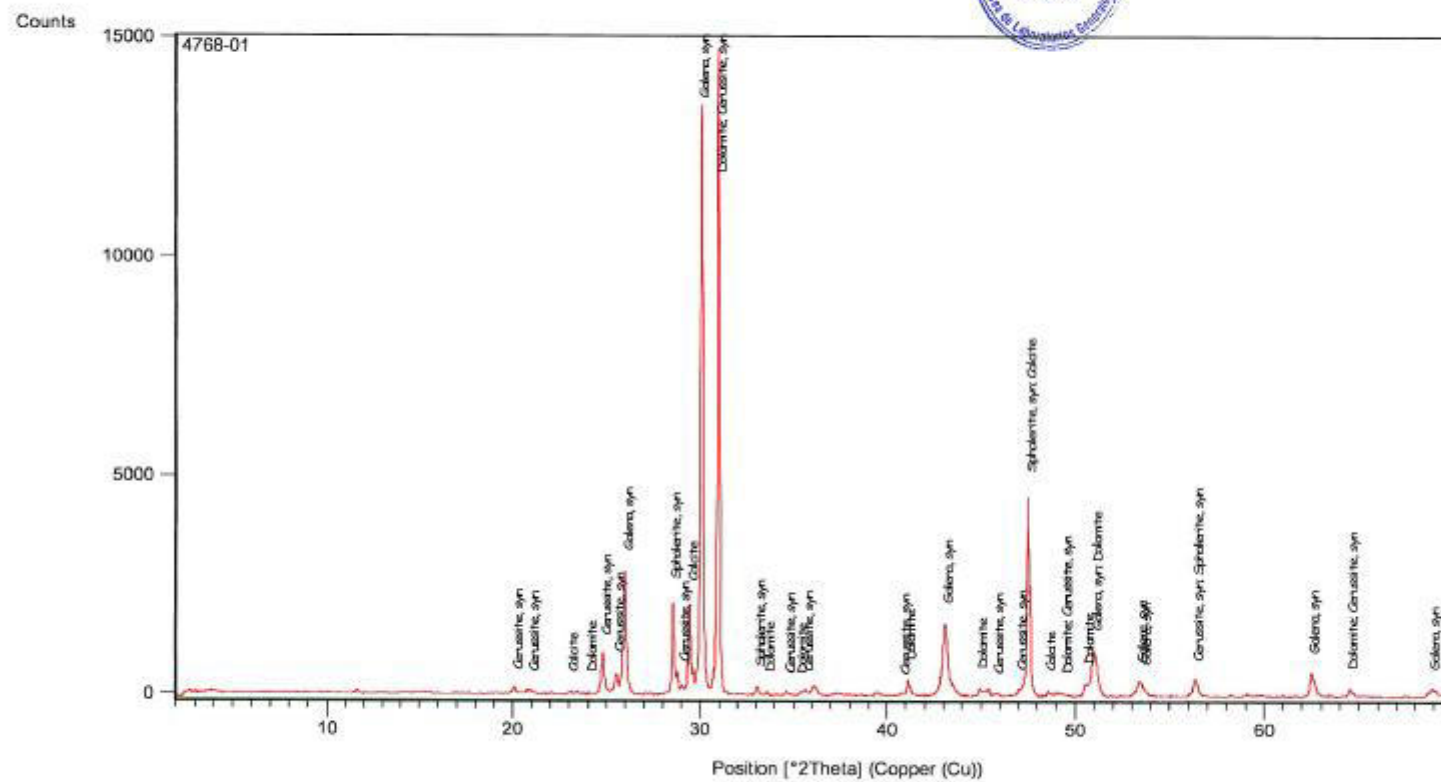
REF. LAB.	MINERALES IDENTIFICADOS
4768-01	DOLOMITA, CALCITA, GALENA, ESFALERITA, CERUSITA

PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA EN MUESTRAS SÓLIDAS, MÉTODO ESPECTROMÉTRICO ICP-MS

MUESTRA	Be (µg/g)	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	As (µg/g)	Se (µg/g)	Mo (µg/g)	Ag (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Ba (µg/g)	Tl (µg/g)	Th (µg/g)	U (µg/g)
4768-01	< 0,10	3,30	8,86	4,76	14,10	135,00	22,90	21,50	2,08	36,90	127,00	55,00	0,21	1,74	0,26	1,04

IMPORTANTE: El contenido en Zn y Pb se ha medido mediante ICP-AES, obteniéndose unos valores de 9,70 y 20,19% respectivamente

IGME RX



520



INFORME DE LABORATORIO Nº 14/0046

Hoja 2 de 3

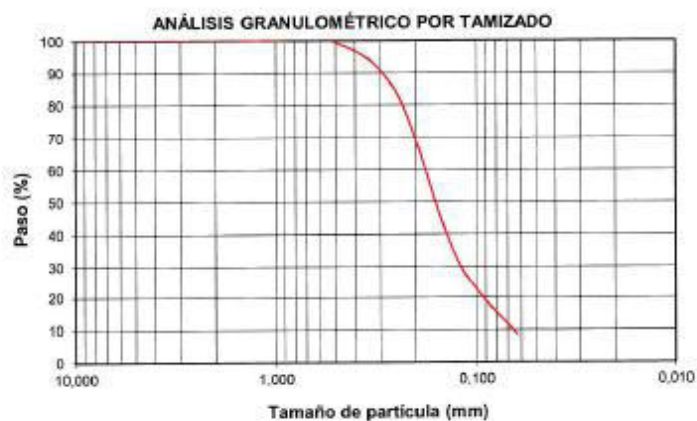
REFERENCIA DE LA MUESTRA

REFERENCIA CLIENTE	REFERENCIA LABORATORIO
Áliva	4768-01

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (8 FRACCIONES).

TAMAÑO DE ABERTURA NOMINAL (mm)	PASO (%)
10	100,00
8	100,00
4	100,00
2	100,00
1	99,95
0,500	99,43
0,250	83,87
0,125	32,23
0,063	8,61

La curva granulométrica obtenida es la siguiente:



El Patrimonio Minero es y debe seguir siendo parte del paisaje y
la historia de los Picos de Europa



